

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

---

ANNÉE 1939

THÈSE

N° 25

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PRÉSENTÉE PAR

**Charles BARDON**

Né le 13 Janvier 1909, à BRIVE (Corrèze)

---

Ondes Electromagnétiques en Médecine  
**LA D'ARSONVALISATION**

---

TRAVAIL DU SERVICE CENTRAL D'ELECTRO-RADIOLOGIE  
DE L'HOPITAL DE LA PITIÉ. DOCTEUR DELHERM CHEF DE SERVICE

---

*Président : M. LAIGNEL-LAVASTINE, professeur*

---

PARIS

**VIGOT FRÈRES, ÉDITEURS**

23, RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 23

1939



FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

---

ANNÉE 1939  
—

THÈSE

N° .....  
—

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PRÉSENTÉE PAR

**Charles BARDON**

Né le 13 Janvier 1909, à BRIVE (Corrèze)

---

Ondes Electromagnétiques en Médecine  
LA D'ARSONVALISATION

---

TRAVAIL DU SERVICE CENTRAL D'ELECTRO-RADIOLOGIE  
DE L'HOPITAL DE LA PITIÉ. DOCTEUR DELHERM CHEF DE SERVICE

---

*Président : M. LAIGNEL-LAVASTINE, professeur*

---

PARIS

VIGOT FRÈRES, ÉDITEURS

23, RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 23

1939

## I. — Professeurs

|                                                    |     |                |
|----------------------------------------------------|-----|----------------|
| Anatomie .....                                     | MM. | ROUVIERE.      |
| Physiologie .....                                  |     | Léon BINET     |
| Physique médicale .....                            |     | STROHL.        |
| Chimie médicale .....                              |     | POLONOVSKI.    |
| Bactériologie .....                                |     | Robert DEBRE   |
| Parasitologie et histoire naturelle médicale ..... |     | BRUMPT.        |
| Pathologie médicale et générale .....              |     | BAUDOIN.       |
| Pathologie médicale .....                          |     | ABRAM.         |
| Pathologie chirurgicale .....                      |     | CHEVASSU.      |
| Anatomie pathologique .....                        |     | LEROUX.        |
| Histologie .....                                   |     | CHAMPY.        |
| Pharmacologie et matière médicale .....            |     | TIFFENEAU      |
| Thérapeutique .....                                |     | HARVIER.       |
| Hygiène et médecine préventive .....               |     | TANON.         |
| Médecine légale .....                              |     | BALTHAZARD     |
| Histoire de la médecine et de la chirurgie .....   |     | LAIGNEL-       |
|                                                    |     | LAVASTINE      |
| Pathologie expérimentale et comparée .....         |     | FIESSINGER.    |
| Hydrologie thérapeutique et climatologie .....     |     | CHIRAY.        |
| Clinique médicale .....                            |     | LOEPER.        |
|                                                    |     | CARNOT.        |
|                                                    |     | Marcel LABBE   |
|                                                    |     | CLERC.         |
|                                                    |     | LEREBoullet    |
|                                                    |     | NOBECOURT      |
|                                                    |     | H. CLAUDE      |
|                                                    |     | GOUGEROT.      |
|                                                    |     | GUILLAIN.      |
|                                                    |     | LEMIERRE       |
|                                                    |     | CUNEO.         |
|                                                    |     | GOSSET.        |
|                                                    |     | GREGOIRE.      |
|                                                    |     | LENORMANT      |
|                                                    |     | TERRIEN.       |
|                                                    |     | MARION.        |
|                                                    |     | LEVY-SOLAL     |
|                                                    |     | COUVELAIRE.    |
|                                                    |     | JEANNIN.       |
|                                                    |     | MOCOQUOT.      |
|                                                    |     | OMBREDANNE     |
|                                                    |     | RATHERY.       |
|                                                    |     | LEMAITRE.      |
|                                                    |     | Pierre DUVAL   |
|                                                    |     | VILLARET.      |
|                                                    |     | TROISIER ..... |
|                                                    |     | MATHIEU.       |
|                                                    |     | LAUBRY.        |
|                                                    |     | N.....         |
|                                                    |     | HOVELACQUE     |
|                                                    |     | MULON.         |
|                                                    |     | OLIVIER.       |
|                                                    |     | VERNE.         |
| Professeurs sans chaire .....                      |     |                |

## II. — Agrégés en exercice

|                     |                          |                         |
|---------------------|--------------------------|-------------------------|
| MM.                 |                          | MM.                     |
| AMELINE .....       | Pathologie chirurgicale. | DE GAUDART              |
| BARIETY .....       | Pathologie médicale.     | D'ALLAINES ..           |
| FENARD Henri .....  | Pathologie médicale.     | GAYET .....             |
| BERNARD EL. ....    | Pathologie médicale.     | DE GENNES ...           |
| BESANÇON (J.). .... | Hydrologie.              | GIROUD .....            |
| BOULIN .....        | Pathologie médicale.     | HAGUENAU ....           |
| BULLIARD .....      | Histologie.              | HALPHEN .....           |
| CATHALA .....       | Pathologie médicale.     | HAZARD .....            |
| COSTE .....         | Pathologie médicale.     | HUGUENIN .....          |
| CHEVALLIER .....    | Pathologie médicale.     | JOANNON .....           |
| DOGNON .....        | Physique                 | LACOMME .....           |
| FUNCK- .....        |                          | LANTUEJOUL ..           |
| BENTANO .....       | Pathologie chirurgicale. | LAROCHE Guy.            |
| FEY .....           | Urologie.                | LAVIER .....            |
| GAILLARD .....      | Parasitologie.           | LELONG .....            |
| GASTINEL .....      | Bactériologie.           |                         |
|                     |                          | Pathologie chirurgicale |
|                     |                          | Physiologie.            |
|                     |                          | Pathologie médicale.    |
|                     |                          | Histologie.             |
|                     |                          | Pathologie médicale.    |
|                     |                          | Oto-rhino-laryngologie  |
|                     |                          | Pharmacologie.          |
|                     |                          | Anatomie pathologique   |
|                     |                          | Hygiène.                |
|                     |                          | Obstétrique.            |
|                     |                          | Obstétrique.            |
|                     |                          | Pathologie médicale     |
|                     |                          | Parasitologie.          |
|                     |                          | Pathologie médicale.    |

LEMAIRE ..... Pathologie expérimentale.  
 LEVEUF ..... Pathologie chirurgicale.  
 LEVY (M<sup>lle</sup> J.) . Pharmacologie.  
 LEVY-VALENSI. Neurologie et Psychiatrie.  
 MENEGAUX ... Pathologie chirurgicale.  
 MOLLARET .... Pathologie médicale.  
 MOREAU ..... Pathologie médicale.  
 MOULONGUET.. Pathologie chirurgicale.  
 MOUQUIN ..... Pathologie médicale.  
 PETIT-

DUTAILLIS Pathologie chirurgicale.

MM.

PIEDELIEVRE.. Médecine légale  
 PORTES ..... Obstétrique.  
 RENARD (L.) . Ophtalmologie.  
 RICHET ..... Physiologie.  
 SANNIE ..... Chimie biologique.  
 SENEQUE ..... Pathologie chirurgicale  
 TURPIN ..... Pathologie médicale.  
 VIGNES ..... Obstétrique.  
 WILMOTH ..... Pathologie chirurgicale

### III. — Agrégés rappelés à l'exercice pour le service des examens

MM.

ALGLAVE ..... Pathologie chirurgicale.  
 BUSQUET ..... Pharmacologie.  
 CHAILLEY-  
 BERT Physiologie.

MM.

HEITZ-BOYER... Pathologie chirurgicale.  
 LARDENNOIS .. Pathologie chirurgicale  
 LE LORIER ... Obstétrique.  
 SCHWARTZ ... Pathologie chirurgicale  
 VAUDESCAL ... Obstétrique.

### IV. — Agrégés chargés de cours de clinique annexe à titre permanent

MM.

ALAJOUANINE.. }  
 AUBERTIN ..... }  
 BRULE ..... }  
 CPABROL .... }  
 DONZELOT ... }  
 DUVOIR ..... }  
 LIAN ..... }  
 PASTEUR- VAL- }  
 LERY-RADOT.. }  
 SEZARY ..... }

Clinique médicale

MM

BASSET ..... }  
 BROCO ..... }  
 CADENAT ..... }  
 GATELLIER ... }  
 MOURE ..... }  
 QUENU ..... }  
 VELTER ..... }

Clinique chirurgicale

ECALLE ..... }  
 METZGER ..... }

Clinique obstétricale

### V. — Chargés de cours

MM.

CHAILLEY-BERT, agrégé Education physique.  
 LEDOUX-LEBARD ..... Radiologie clinique  
 RUPPE ..... Stomatologie.  
 WEILL-HALLÉ ..... Puériculture.

*Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.*



A MON PERE

A MA MERE

Dont le dévouement et la bonté n'ont  
d'égal que l'amour et la reconnaissance  
infinie que je leur porte.

Ma plus douce espérance c'est de vous  
rendre en bonheur tout ce que vous  
m'avez prodigué de sollicitude.

A MES SŒURS

A MON FRERE

A MA BELLE-SŒUR

A MES BEAUX-FRERES

Une grande affection nous unit.  
Souvenir reconnaissant de leur cadet.



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

A MON ONCLE

LE PROFESSEUR A. D'ARSONVAL

*Professeur honoraire au Collège de France*

*Membre de l'Institut*

*Membre de l'Académie des Sciences*

*Membre de l'Académie de Médecine*

*Membre de l'Académie de Chirurgie*

*Grand' Croix de la Légion d'Honneur*

Que de longues années vous gardent encore à l'affection de tous ceux qui vous aiment. Vivez heureux : vos découvertes ont contribué à soulager et à guérir ceux qui souffrent — vous êtes profondément bon.

En témoignage de ma très grande admiration et de ma profonde affection.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR LAIGNEL-LAVASTINE  
*Professeur d'Histoire de la Médecine et de la Chirurgie*  
*Médecin de l'Hôpital de la Pitié*  
*Membre de l'Académie de Médecine*  
*Officier de la Légion d'Honneur*

Qui m'a fait le très grand honneur d'accepter la présidence de cette thèse. Qu'il veuille bien trouver ici l'hommage de toute ma reconnaissance.

A MONSIEUR LE DOCTEUR L. DELHERM  
*Electro-Radiologiste des Hôpitaux de Paris*  
*Chef du Service Central d'Electro-Radiologie*  
*de l'Hôpital de la Pitié*  
*Officier de la Légion d'Honneur*

Un des tout premiers disciples du Professeur D'ARSONVAL dont il a toujours jalousement défendu le patrimoine.

Il a bien voulu m'inspirer le sujet de ce travail, m'admettre dans son service et m'a guidé de ses conseils éclairés.

Avec l'expression de ma très respectueuse reconnaissance.

A MONSIEUR LE DOCTEUR DUJARRIC DE LA RIVIERE  
*Chef de Service à l'Institut Pasteur*  
*Auditeur au Conseil Supérieur d'Hygiène*  
*Officier de la Légion d'Honneur*

En hommage de ma vive reconnaissance.

A MON COUSIN LE DOCTEUR J. MEZARD  
*Ancien Chef de Clinique de la Faculté de Médecine de Paris*

Avec mon affectueuse amitié.

A MONSIEUR LE DOCTEUR P. MALE  
*Ancien Chef de Clinique de la Faculté de Médecine de Paris*

Respectueux souvenir d'une très agréable collaboration.

A MONSIEUR LE DOCTEUR A. DUFOUR (*in memoriam*)

L'Ami très regretté de ma famille.

A MON MAITRE

MONSIEUR LE DOCTEUR RENÉ MARTIN  
*Médecin de l'Hôpital de l'Institut Pasteur*

Qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance pour l'accueil bienveillant qu'il m'a fait à l'hôpital Pasteur.

## A MES MAITRES DES HOPITAUX DE PARIS

MONSIEUR LE PROFESSEUR M. VILLARET  
MONSIEUR LE PROFESSEUR PROUST (*in memoriam*)  
MONSIEUR LE DOCTEUR HALLE  
MONSIEUR LE PROFESSEUR LEMIERRE  
MONSIEUR LE PROFESSEUR GUILLAIN  
MONSIEUR LE DOCTEUR L. TIXIER  
MONSIEUR LE PROFESSEUR MARION  
MONSIEUR LE PROFESSEUR GOUGEROT  
MONSIEUR LE PROFESSEUR BRINDEAU  
MONSIEUR LE PROFESSEUR TERRIEN  
MONSIEUR LE PROFESSEUR CLAUDE  
MONSIEUR LE DOCTEUR JANET

## A MES MAITRES DE L'HOPITAL DE L'INSTITUT PASTEUR

MONSIEUR LE DOCTEUR RENÉ MARTIN  
MONSIEUR LE DOCTEUR DARRE  
MONSIEUR LE PROFESSEUR MARCHOUX  
MONSIEUR LE DOCTEUR BOCAGE  
MONSIEUR LE DOCTEUR THIROLOIX  
MONSIEUR LE DOCTEUR DELARUE  
MONSIEUR LE DOCTEUR LAFFAILLE  
MONSIEUR LE DOCTEUR MORAX

A qui j'adresse toute ma reconnaissance.

## A MES CAMARADES D'INTERNAT

# ONDES ELECTROMAGNETIQUES EN MEDECINE

## LA D'ARSONVALISATION

---

### AVANT-PROPOS

« La récompense la plus juste et la plus convenable qu'on puisse décerner à ceux qui ont inventé quelque chose d'utile, est de ne point laisser leur découverte dans l'oubli et d'indiquer la méthode qu'ils ont suivie pour parvenir à la découverte. »

GALIEN.

Depuis quelques années l'Electricité a apporté des armes puissantes à l'Art de Guérir, nul de nos jours ne saurait en contester les résultats heureux, voire même en attribuer les effets uniquement à la suggestion.

L'Histoire nous apprend cependant que cette thérapeutique a connu à ses débuts, ces périodes de fièvre, qui même dans les milieux scientifiques les mieux équilibrés, accompagnent toute idée nouvelle, période où l'on critique, on cherche à démolir sans essayer de juger.

Et maintenant que le temps a imposé la découverte, comme toujours nous voyons apparaître une floraison de démarquages qui semblent n'avoir d'autre but que d'essayer de s'approprier l'idée originale; c'est alors qu'il devient utile de rappeler à certains et d'apprendre à d'autres la simple vérité historique.

Ainsi nous a-t-il semblé opportun de faire aujourd'hui le point sur une des branches les plus fécondes de cette électri-

cité médicale; et remontant jusqu'à ses sources nous avons voulu rendre hommage à celui auquel nous en sommes redevables.

Rarement les grandes découvertes sont des trouvailles spontanées, elles découlent en général de recherches patientes, poursuivies méthodiquement, c'est ainsi qu'à la fin du siècle dernier un Grand savant Français, le Professeur A. D'ARSONVAL allait, par ses géniales recherches, ouvrir à la thérapeutique médicale une voie entièrement nouvelle :

## " LA D'ARSONVALISATION "

Nous avons adopté pour notre étude le plan suivant :

Dans une première partie nous montrerons comment D'ARSONVAL, partant du problème de l'excitation neuro-musculaire, à la recherche d'une « *caractéristique d'excitation* », après avoir défini les causes de la mise en activité des tissus dans le cas le plus simple — celui d'une décharge unique d'électricité — est amené à étudier la forme de l'onde électrique qui traverse les tissus, puis à comparer les variations de l'onde avec les variations de l'excitation provoquée par son passage.

Après l'étude de la forme de l'onde pour une excitation unique nous verrons comment le Physiologiste du Collège de France, cherchant ce que deviennent les phénomènes physiologiques en répétant cette onde de plus en plus fréquemment, arrive progressivement à découvrir la « LOI D'ARSONVAL ».

La deuxième partie de notre travail sera consacrée à l'édification de la haute fréquence médicale. Nous verrons comment D'ARSONVAL va créer successivement pour ces nouveaux courants de haute fréquence, toute l'instrumentation, en formuler l'électrophysiologie et donner les bases les plus solides de leur application à l'Electrothérapie.

Nous montrerons que toutes les applications de la haute fréquence y compris les Ondes courtes et Ultra courtes entrent dans le cadre de la « D'ARSONVALISATION ».

PREMIERE PARTIE

**LA DECOUVERTE**

**DE LA LOI D'ARSONVAL**

CHAPITRE PREMIER

*Article I.* — QUELQUES ÉTAPES DE L'ELECTROTHÉRAPIE JUSQU'EN 1881 (AVANT D'ARSONVAL).

*Article II.* — L'EXPÉRIMENTATION PHYSIOLOGIQUE ET LE PROBLÈME DE L'EXCITATION NEURO-MUSCULAIRE A LA FIN DU SIÈCLE DERNIER.

*Article III.* — L'INFLUENCE DE CLAUDE BERNARD EN PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE.

*Article IV.* — D'ARSONVAL ANIMATEUR DE L'ELECTRO-PHYSIOLOGIE AU CONGRÈS DE PARIS EN 1881.

## CHAPITRE PREMIER

### ARTICLE PREMIER

## QUELQUES ETAPES DE L'ELECTROTHERAPIE JUSQU'EN 1881

### A. — L'ELECTRISATION PAR FROTTEMENT.

KRATZENSTEIN, à la suite de la découverte de l'Electricité par frottement fut le premier à appliquer dès 1744 l'électricité à la médecine. Certes on peut se rappeler que les médecins romains recommandaient de se tenir debout sur une torpille vivante pour juguler l'accès de goutte, mais on ne peut véritablement pas faire commencer l'électrothérapie à cette pratique difficilement réalisable.

JALLABERT rapporte en 1748 une observation de paralysie du bras chez un serrurier, guérie par des commotions et des étincelles.

DE SAUVAGES, l'Abbé SANS, MAUDUYT en 1779, SIGAUD DE LA FOND vers la même époque guérissent nombre de paralysies par une méthode analogue.

En 1780, l'Abbé BERTHOLON attribue des propriétés nettement différentes à l'électricité négative et à l'électricité positive.

NAZARS DE CAZÈLES en 1792 rapporte l'histoire de quarante-deux malades guéris par l'électricité ; l'autorité du clinicien ESQUIROL sanctionne ces résultats. MARAT, POMAT, BONNEFOY, VAN TROOSTWIK, ARNAUD DE NANCY obtiennent à la même épo-

que des résultats heureux en se servant de machines statiques pour guérir leurs malades.

## **B. — LE GALVANISME. LA PILE DE VOLTA.**

Après cette première période, la découverte de GALVANI (1789) devait donner à l'électrothérapie une impulsion nouvelle ; dès 1795, HUMBOLDT eut l'idée de l'appliquer à la thérapeutique.

La découverte de la pile de Volta orienta l'électrothérapie vers une voie plus féconde ; LAVERINE, le premier perfectionne et utilise la pile en médecine, ALDINI, GRAPENGISSER, s'adressent au courant voltaïque pour traiter l'amaurose et les paralysies. En 1801, BISCHOFF soigna une paysanne hémiplégique en la faisant rentrer dans un circuit de pile à l'aide de ses mains.

L'usage de la pile ne se généralise pas rapidement, MOST DE STADTHAGEN, en 1823, tente de redonner une nouvelle vogue au galvanisme.

Les travaux d'ANDRIEUX, SARLANDIÈRE (qui pratique l'électropuncture pour la première fois), MAGENDIE, PRAVAZ, MARIANINI et NOBILI, vers 1834, réhabilitent complètement ce nouvel agent physique.

## **C. — FARADISATION.**

A la suite des travaux de FARADAY et d'OERSTED, une troisième modalité électrique, les courants d'induction furent connus et bientôt introduits en thérapeutique. Le génie de DUCHENNE de Boulogne allait montrer tout le profit qu'on pouvait tirer de ce nouveau courant, son nom marque une ère nouvelle dans l'électrothérapie, ses découvertes furent sensationnelles, son œuvre eut un retentissement immense.

Les travaux de DUBOIS-REYMOND, ECKARD, PFLUEGER, BAIERLACHER, SCHLUZ rappellent l'attention sur le galvanisme. REMAK essaye le courant continu contre les contractures, ses travaux sont continués par BENEDIKT, ZIEMSEN.

En 1862, BRENNER substitua après CHAUVEAU, à l'électrisation par la méthode de direction, l'électrisation par la méthode polaire, l'action spéciale à chaque pôle commença à être connue.

Peu de temps après la constatation faite par BAÏERLACHER, SCHLUZ et MOR. MEYER que dans certaines paralysies on obtenait des contractures par les applications interrompues de courant galvanique, alors que le courant faradique n'en donnait aucune, fut le prélude de la grande découverte de ERB ; la réaction de dégénérescence.

L'exploration faradique de DUCHENNE avait donné des notions précieuses, associée à l'exploration galvanique ainsi que la pratiquait ERB, elle éclaira la pathologie musculaire et nerveuse et permit de fixer le diagnostic et le pronostic.

Dès lors les recherches expérimentales se multiplièrent les effets des diverses modalités électriques sont étudiés, on put reconnaître que la galvanisation et la faradisation avaient chacune leur indication et leur pouvoir thérapeutique.

## ARTICLE II

# L'EXPERIMENTATION ELECTROPHYSIOLOGIQUE ET LE PROBLEME DE L'EXCITATION NEURO- MUSCULAIRE A LA FIN DU SIECLE DERNIER

Ainsi, vers 1880, à la suite des DUCHENNE, REMAK, DUBOIS-REYMOND, ERB, etc..., une véritable science était née.

Mais, néanmoins, les pratiques électrothérapeutiques restaient encore restreintes ; l'électrophysiologie manquait encore de précision, les faits qui s'y rattachaient étaient nombreux, mais mal coordonnés, souvent assez mal définis dans les conditions de réalisation ; l'imperfection des notations et des appareils, l'impossibilité de mesurer et de graduer d'une

façon précise l'énergie employée étaient le plus grand obstacle au développement de cette nouvelle science.

C'est à cette époque, vers 1880, que le physiologiste du Collège de France D'ARSONVAL aborde l'étude de l'action de l'électricité sur les êtres vivants ; comme pour la plupart des physiologistes du siècle dernier, c'est sur « *le mécanisme de l'excitation électrique des nerfs et des muscles* » que vont porter ses premières recherches.

Jusqu'à ce jour, diverses théories avaient été proposées pour expliquer ce problème de l'excitation neuro-musculaire.

### DUBOIS-REYMOND.

DUBOIS REYMOND en 1848 découvre que l'ouverture et la fermeture du courant déterminent une secousse musculaire, il est alors tout naturellement porté à lier l'efficacité de ces deux états variables à la vitesse de variation.

Pour obtenir le seuil d'excitation, il remarqua qu'il fallait élever d'autant plus l'intensité du courant que celui-ci était établi plus lentement.

Il présenta ce fait sous forme de loi : « Ce n'est pas la valeur absolue de la densité du courant à chaque instant qui provoque la contraction musculaire, mais la variation de cette valeur et plus la variation est rapide, plus l'excitation est forte ».

« L'excitation est fonction de la dérivée de la densité du courant par rapport au temps ».

Le problème de l'influence de la quantité d'électricité sur l'excitation amène DUBOIS-REYMOND à soumettre le gastro-necmien en expérience, après fermeture brusque à des durées de passage variables.

L'allongement du temps de fermeture ne déterminant aucune modification du seuil DUBOIS-REYMOND croyait pouvoir conclure que la durée de passage n'avait aucun effet, la loi d'excitation résidait bien toute entière dans la vitesse de variation de l'intensité. L'autorité du physiologiste allemand

était telle que, sa loi d'excitation gagna rapidement la confiance générale, devint classique et s'éleva à la hauteur d'un véritable dogme.

## FRICK ET ENGELMAN.

FICK, en 1863, sur le muscle adducteur des valves de l'anodonte constata que la durée de passage du courant constant devait entrer en ligne de compte pour l'excitation.

Vers 1870, ENGELMAN à la suite d'expériences comparatives sur le gastronecmien (où il trouve le même résultat que FICK) et sur l'uretère de lapin (où pour chaque durée de passage, il trouva une intensité de seuil différente), comprit que pour se développer l'excitation demandait un temps minimum qu'il appela « temps physiologique ».

Malgré la contradiction formelle infligée à la loi de DUBOIS-REYMOND par FICK et ENGELMAN, les physiologistes ne montrèrent aucune hâte à s'en affranchir.

On considéra ces faits comme répondant à une excitabilité différente de celle étudiée par DUBOIS-REYMOND et on leur attribua peu d'importance.

L'influence de DUBOIS-REYMOND se fera sentir jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle.

## ARTICLE III

# L'INFLUENCE DE CLAUDE BERNARD EN PHYSIOLOGIE EXPERIMENTALE

Ainsi se présentait le problème de l'excitation neuro-musculaire à la fin du siècle dernier. « *L'excitabilité était seulement fonction de l'intensité du courant dans le temps* »,

Mais nous devons situer ici le milieu scientifique et l'esprit dans lequel D'ARSONVAL va entreprendre et poursuivre la solution de ce problème.

Tout en reconnaissant la supériorité des grands hommes, dans l'influence particulière ou générale qu'ils ont sur la science, ils sont toujours plus ou moins fonction de leur temps : Ce qu'il devait à son maître vénéré Claude BERNARD, D'ARSONVAL l'a maintes fois proclamé. On sait le rôle considérable joué par l'illustre physiologiste dans l'évolution et le développement de la médecine expérimentale, son action sur tous ceux qui composaient sa famille scientifique fut immense.

D'ARSONVAL raconte qu'un jour qu'il soumettait un projet de travail à son maître, ce dernier l'arrêta et lui dit :

« Vous avez choisi un sujet ? Bien, ne m'en parlez pas. Faites vos expériences et surtout pas de bibliographie préalable ; restez vous-même, peut-être trouverez-vous des faits déjà connus, tant mieux, ça prouve que vous êtes un bon observateur, peut-être en trouverez-vous qui bousculeront vos idées ; en ce cas, ne soyez pas esclave de ces dernières, changez-les, mais respectez les faits ».

Cette méthode du maître est toujours demeurée la lumière présente aux yeux de D'ARSONVAL sur le chemin de ses recherches.

Le laboratoire de Claude BERNARD « tanière obscure et humide » (Paul BERT), qui fut pendant longtemps le seul laboratoire de vivisection de France, était le rendez-vous de tous les représentants illustres de la Science ; chacun y apportait ou venait y chercher les nouveautés du jour.

Après Claude BERNARD, nous trouvons à l'époque les noms de MAREY, BROWN-SÉQUARD, Paul BERT, DASTRE, Charles RICHET et bien d'autres illustres représentants de la physiologie du siècle dernier.

Le Docteur L. CHAUVOIS (1) « historien intime » du Prof. D'ARSONVAL a parfaitement décrit ce climat scientifique où les découvertes de son héros ont vu le jour.

(1) « D'ARSONVAL, soixante-cinq ans à travers la science », par Dr CHAUVOIS, Edition J. Oliven, Paris, 1937.

ARTICLE IV

**D'ARSONVAL**  
**ANIMATEUR DE L'ELECTROPHYSIOLOGIE**  
**AU CONGRES DE PARIS EN 1881**

Nous avons vu que vers 1880, l'Electrothérapie manquait encore de précision et de mesure, même conduite par des hommes éminents, cette science demeurait encore empreinte d'un certain empirisme ; on peut dire que les recherches ont manqué de rigueur jusqu'au jour où les chercheurs, essayant de mettre de l'ordre dans le chaos des investigations individuelles, entreprirent de définir les grandeurs électriques et les unités de mesure.

Au Congrès de Paris de 1881, D'ARSONVAL apparaît comme l'animateur de l'électrophysiologie ; il demande que physiiciens et biologistes parlent la même langue et *c'est sur son insistance réitérée que les électrothérapeutes allemands adoptent les appareils gradués en unités C.G.S.* ; déjà il faisait remarquer que la connaissance de « l'intensité » du courant employé en électrothérapie n'était pas suffisante pour le caractériser, mais qu'il fallait connaître aussi la chute de potentiel entre les électrodes ainsi que la durée et les phases de cette chute.

(*Revue Scientifique*, 3 déc. 1881).

L'Elève de Claude BERNARD qui venait de nous donner son précieux « galvanomètre » demandait que l'application de l'Electricité aux êtres vivants ne soit point livrée à l'empirisme si l'on voulait que la science et les malades en retirent quelque bénéfice.

« *Il est de toute nécessité, disait-il, que l'électrothérapeute soit un electricien et qu'il connaisse la physiologie* ».

Ainsi, il semble bien qu'entre les mains de D'ARSONVAL,

formé à la rude école de Claude BERNARD, évoluant dans un climat si propice aux grandes découvertes, ce problème de l'excitabilité neuro-musculaire qui, depuis si longtemps passionnait les physiologistes, allait entrer dans une voie plus féconde.

Après GALVANI, VOLTA, MATTEUCCI, FARADAY, DUCHENNE de Boulogne, DUBOIS-REYMOND, REMAK une nouvelle période dans l'histoire de l'électrothérapie allait-elle s'ouvrir ?

## CHAPITRE II

### ARTICLE PREMIER

## UN NOUVEAU MODE D'EXCITATION DES NERFS ET DES MUSCLES (D'ARSONVAL 1881)

Le Congrès de 1881 avait formulé le vœu de voir introduire en physiologie et en thérapeutique une mesure des excitations électriques les rendant toujours comparables entre elles.

Tout de suite D'ARSONVAL propose une nouvelle méthode d'excitation : la décharge d'un condensateur de capacité connue, chargé à un potentiel connu où les excitations seraient ainsi toujours comparables.

— Nous signalerons ici que, dans ses expériences d'excitation électrique, D'ARSONVAL va opérer sur le système nerfs-muscles de la grenouille, isolé de l'organisme.

Le plus souvent, il aura recours à la méthode monopolaire, en plaçant le pôle positif sur la masse musculaire et le pôle négatif sur le muscle — les électrodes employées seront les électrodes impolarisables dites « Electrodes d'Arsonval » —.

— On employait généralement des courants induits, comme excitants électriques, courants dont l'énergie dépendait d'une infinité de facteurs constamment variables pendant la marche de l'appareil tels que : potentiel et résistance de la pile, rapidité des oscillations de l'interrupteur, fermeture plus ou moins longue du circuit.

L'appareil le plus usité était le Chariot de Dubois-Reymond ou la graduation se faisait en éloignant graduellement la bo-

bine induite de la bobine inductrice, de manière que l'énergie du courant induit décroisse sans discontinuité depuis un maximum jusqu'à zéro.

Ce mode de graduation eut été parfait si l'on était arrivé à donner au courant inducteur une valeur mathématiquement définie, toujours facile à reproduire.

Dès 1881, D'ARSONVAL présente un dispositif où ces conditions sont réalisées ; il se servira de la « *décharge d'un condensateur* », parce qu'il peut en connaître la capacité et le potentiel de décharge. Avec cet appareil, l'excitation électrique sera réduite à une excitation purement mécanique, qu'il sera facile de graduer ; on pourra reproduire au cours d'une même expérience une excitation toujours identique à elle-même sans fatiguer le nerf.

Dans un dispositif primitif D'ARSONVAL intercalait dans le circuit d'excitation le condensateur de capacité connue. L'excitation était indirectement produite par la décharge de ce condensateur remplaçant l'interrupteur du primaire d'une bobine d'induction. Ainsi l'excitation était produite par le courant induit de la décharge.

L'objet excité était parcouru à chaque décharge du courant par deux courants induits de sens contraires évitant ainsi la polarisation des tissus.

Nous verrons dans un autre dispositif ultérieur (1882) D'ARSONVAL réaliser l'excitation par la décharge d'un condensateur mis en série avec la source et avec l'objet à exciter, ce dernier étant ainsi traversé par le courant de charge et le courant de décharge (voir fig. 1).

Nous ferons remarquer que ce sont ces condensateurs introduits pour la première fois par D'ARSONVAL dans la méthode d'excitation qui vont servir un peu plus tard à HOORWEG pour découvrir sa « loi d'excitation » ; ils sont aujourd'hui d'un emploi courant dans la technique électrophysiologique.

Toujours soucieux d'introduire en physiologie et en médecine la précision des mesures physiques, D'ARSONVAL proposait dans sa méthode, de prendre pour unité d'excitation la quantité d'électricité dont se charge 1/100 de m.f. sous la

tension de 1 volt et de donner à cette unité le nom de « *Galvanie* ».

Voici comment D'ARSONVAL décrit son appareil qui figurait déjà en 1878 à l'Exposition Universelle dans le stand de G. GAIFFE.

« Je prends une bobine d'induction à induit mobile, connue en physiologie sous le nom de Chariot de Dubois-Reymond, seulement au lieu d'employer comme courant inducteur une pile, je me sers de la décharge d'un condensateur de capacité connue chargé à un potentiel connu. La quantité d'électricité mise en jeu est donc ainsi mathématiquement dosée. Ce courant inducteur instantané, pouvant être assimilé à un courant qui commence et à un courant qui finit, donne naissance dans le second fil, à deux courants instantanés, de quantité égale, mais de sens inverse qui, par conséquent, s'annulent au point de vue chimique et au point de vue de la direction.

L'excitation est ainsi réduite à un effet purement mécanique de l'électricité, effet qui sera toujours le même pour une même charge du condensateur et une même distance de la bobine induite — je fais varier l'intensité de trois façons différentes — 1° en faisant varier la surface du condensateur, c'est-à-dire sa capacité ; 2° son potentiel ; 3° en changeant la distance qui sépare les deux bobines (inductrice et induite).

Ce dernier procédé est suffisant à lui seul dans la pratique.

Cette méthode d'excitation présente l'énorme avantage sur toutes les autres de ne pas fatiguer le nerf ainsi que l'a montré par des tracés comparatifs M. MENDELSON qui en a répandu l'usage en Allemagne et en Russie.

Ac. des Sciences, 27 juin 1881.

## CHAPITRE III

### ARTICLE PREMIER

# L'UNIFICATION DE L'EXCITATION ELECTRIQUE L'ONDE ELECTRIQUE " CARACTERISTIQUE D'EXCITATION "

Mais la méthode des condensateurs est imparfaite, elle ne permet pas de définir physiologiquement l'excitant électrique que D'ARSONVAL va maintenant s'attacher à unifier.

La première condition pour élucider l'action de l'Electricité sur la matière, c'est de définir rigoureusement au point de vue physique la modalité électrique.

Si nous considérons une excitation unique appliquée au nerf ou au muscle, le résultat sera différent suivant la source employée ; ces effets différents tiennent à une énergie vraisemblablement différente, telle est l'opinion universellement admise à l'époque.

*Par une série d'expériences D'ARSONVAL va nous montrer qu'il existe une seule et même énergie, les effets différents sont dus à une autre cause :*

« Les effets des diverses sources électriques peuvent être prévus, mesurés et rapportés à une unité commune, par la connaissance de l' « onde électrique », qui deviendra « la caractéristique d'excitation ».

Quand cette courbe sera la même les résultats physiologiques seront les mêmes, quelle que soit la source électrique d'où elle émane.

Voici comment D'ARSONVAL arrive à cette notion « *d'onde électrique caractéristique d'excitation* », notion capitale qui servira de base à l'Electrothérapie.

Il établit une division fondamentale des effets de l'électricité suivant que l'on emploie « l'état variable » ou « l'état permanent » du courant.

## ETAT VARIABLE. ETAT PERMANENT.

L'état variable sur un être vivant se traduit par une excitation très violente des nerfs et des muscles qui entrent en contraction, tandis que rien d'analogue ne se manifeste dans l'état permanent si l'on emploie un courant de force modérée.

Une expérience de Claude BERNARD, met ce fait en lumière :

« On place dans le circuit d'une pile une roue interruptrice de Masson, un voltamètre et une grenouille préparée à la Galvani. En laissant la roue immobile on fait passer le courant de la pile à travers les trois appareils à la fois : le voltamètre dégage des gaz, la patte de grenouille reste immobile : on a les effets du courant permanent.

Si on vient à mettre la roue de Masson en mouvement, le dégagement gazeux cesse presque complètement dans le voltamètre, tandis que la patte de grenouille entre en contraction violente. Le courant qui la traverse est pourtant plus faible que dans le premier cas, mais on a les effets dus à l'état variable.

Cette simple expérience montre que les effets physiologiques du courant (action sur sensibilité et motricité) ne sont nullement sous l'indépendance de son intensité absolue ».

Dans l'évolution de l'état permanent, ce qui importe, c'est son intensité, il suffira donc de la mesurer avec un galvanomètre, pour doser ses effets sur l'être vivant.

## LES FACTEURS D'UNE EXCIATION ELECTRIQUE.

Mais si nous savons à quelles conditions physiques rapporter les effets physiologiques de l'état permanent, il n'en est

plus de même pour l'état variable. Comment définir alors la puissance physiologique d'une excitation électrique, quels facteurs devons-nous choisir ?

D'ARSONVAL nous montre qu'au point de vue physiologique, une excitation électrique produite par l'état variable ne peut être définie par les données servant de mesure à l'état permanent.

Pour en faire une analyse complète, nous dit-il, il faudra connaître tous les éléments à chaque instant de la variation, avoir la courbe complète de la variation, c'est-à-dire la forme physique de l'onde électrique d'excitation.

Chaque excitation électrique aura une courbe particulière que D'ARSONVAL appellera « La Caractéristique d'excitation ».

Comment tracer cette courbe en fonction du temps, quelle sera la variable employée ?

Pour D'ARSONVAL, ce ne peut être l'intensité en vertu de l'expérience de Claude BERNARD, ce sera la variation de potentiel « au point excité ».

D'ARSONVAL nous le démontre en prenant un nerf moteur relié à une masse musculaire dont il enregistre les mouvements à l'aide d'un myographe. En excitant ce nerf « en un point quelconque de sa longueur » au moyen du pôle « négatif » d'une pile thermo-électrique dont le pôle « positif » est relié à la masse musculaire, la contraction du muscle reste sensiblement la même « quel que soit le point du nerf excité ».

A cause de l'énorme résistance du nerf (10 à 25.000 ohms pour le nerf sciatique de la grenouille) comparée à celle de la pile qui est négligeable, le potentiel aux points excités successivement sera resté constant, mais l'intensité du courant traversant le nerf à chaque contact aura varié dans d'énormes proportions.

L'expérience inverse, c'est-à-dire l'excitation du nerf à « intensité constante » en faisant varier la force électromotrice de la pile proportionnellement à la longueur du nerf intercalé, montre que l'énergie de la contraction musculaire augmente avec le potentiel au lieu de rester constante comme l'intensité.

La forme de la courbe d'excitation, rapportée au temps et

aux variations de potentiel entre deux points de l'organe excité réglera donc seule la réponse du nerf et du muscle, quelle que soit la provenance de l'agent électrique employé : pile, machine d'induction, etc...

## ARTICLE II

### LA SYNTHÈSE D'UNE ONDE ÉLECTRIQUE

Au début de ses expériences, D'ARSONVAL cherche à tracer « l'onde électrique provenant des électromoteurs généralement employés en électrophysiologie ». Il faisait tourner une bobine dans un champ magnétique ou inversement ; mais ce procédé d'analyse présentait des difficultés insurmontables et des causes d'erreurs, D'ARSONVAL l'abandonne et, par des trouvailles instrumentales des plus ingénieuses, réalise bientôt « la synthèse d'une onde électrique ».

Une même méthode permettra d'enregistrer simultanément l'onde électrique et la contraction musculaire résultante, réalisant ainsi la comparaison de la cause et de l'effet sur un même graphique :

L'excitation sera déterminée par la décharge d'un condensateur mis en série avec la source et avec l'objet excité. L'une des armatures sera reliée à la fois au pôle positif de la source et à la terre. La charge et la décharge du condensateur sera réalisée par un excentrique faisant varier progressivement le potentiel de 0 à la valeur maxima dépendant du nombre d'éléments de piles ou d'accumulateurs utilisés et de cette valeur maxima à zéro.

Pour faire varier la quantité d'électricité, il faudra faire varier la capacité du condensateur ; on aura un potentiel plus ou moins élevé en agissant sur le nombre d'éléments de piles ou d'accumulateurs employés.

Enfin, en changeant la vitesse de rotation et le profil de l'excentrique, on pourra modifier la forme de la variation du potentiel.

Voici décrit par D'ARSONVAL le principe de l'appareil générateur et inscripteur d'ondes de forme déterminée à l'avance :

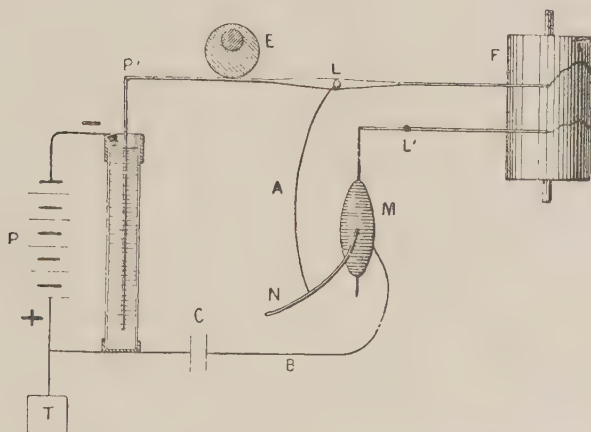


FIG. 1

Dispositif d'excitation par décharges de condensateurs et d'inscription simultanée de la courbe de variation de potentiel et de la secousse musculaire.

P. Batterie de piles ou d'accumulateurs dont on peut faire varier le nombre d'éléments.

C. Condensateur à capacité variable.

T. Terre.

E. Excentrique faisant varier le potentiel au moyen du piston de cuivre P', isolé sauf à la pointe et plongeant dans un tube rempli d'une solution saturée de sulfate de cuivre, et du levier L qui inscrit la courbe des mouvements du piston, c'est-à-dire de la variation du potentiel.

F. Cylindre enregistreur de Marey.

N. Nerf, relié par une électrode et le fil A au circuit.

M. Muscle, relié par une électrode et le fil B au circuit (Excitation monopolaire).

« P est une source constante d'électricité (accus) dont le circuit est fermé au travers d'une colonne liquide de sulfate de cuivre en solution saturée contenue dans un tube de verre.

Nous remercions tout particulièrement le Docteur CHAUVOIS qui a bien voulu nous prêter quelques-uns de ses clichés extraits de son livre « D'ARSONVAL, soixante-cinq ans à travers la science ».

Le courant entre par la base et ressort par le haut au moyen de contacts en cuivre rouge. L'autre pôle est mis à la terre et se trouve au potentiel zéro. La partie supérieure de la colonne liquide est au contraire à un potentiel négatif de 2,3 ou 10 volts à volonté. Le potentiel décroît le long du tube d'après une loi bien connue. Supposons qu'un fil métallique P' en cuivre isolé jusqu'à sa pointe inférieure puisse monter et descendre le long de la colonne. Si nous supposons la pointe au fond du tube, le potentiel est zéro, mais en relevant le fil, son potentiel va croître régulièrement. Attachons rigidement ce fil à l'extérieur d'un levier mobile autour du point L, l'autre extrémité se déplaçant le long d'un cylindre en fumé F. Il est facile de voir que les déplacements de la pointe du levier L sur le cylindre F inscriront les phases et les grandeurs de la variation du potentiel du fil plongeur P'.

Pour avoir une courbe déterminée d'avance, je fais osciller le levier L par la rotation d'un excentrique E dont on taille le profil à conséquence. En pratique j'attache le fil P' soit à une tige vibrante, soit à un pendule qui donne une « variation sinusoïdale » du potentiel. J'obtiens toute autre forme et toute vitesse en attachant ce fil à un ressort plus ou moins tendu (fil de caoutchouc) que je déclenche mécaniquement pour produire l'excitation. Si le fil A' était mis simplement en support avec le nerf N communiquant à la terre, cet organe serait parcouru par un courant continu qui en modifierait l'excitabilité. J'évite cet inconvénient en faisant passer le courant dans le primaire d'une bobine d'induction ou bien en intercalant un condensateur étalonné en C. Le muscle M excité par le nerf N est attaché au levier myographique L' qui trace la courbe de contraction musculaire au-dessous de la caractéristique d'excitation, tracée par le levier L. Dans la méthode unipolaire, le pôle négatif de la pile correspond au plongeur et le pôle positif est à la masse musculaire à la façon habituelle. De cette manière, le levier L enregistre exactement les variations de potentiel au point excité et le nerf ne peut se polariser.

« Société Biologie, 1<sup>er</sup> avril 1882 ».

### ARTICLE III

## LES ONDES DONNEES PAR LES APPAREILS ELECTRO-MAGNETIQUES USUELS

La conséquence pratique de toutes ces expériences était la suivante :

Pour définir l'action physiologique et thérapeutique d'un appareil électro-magnétique médical quelconque a courant interrompu, il faut connaître en fonction du temps, la loi de variation de la force électromotrice aux points d'application des électrodes sur le sujet.

D'ARSONVAL avait imaginé un appareil qui lui permettait de tracer automatiquement cette courbe en employant comme source électrique un appareil médical magnéto-faradique quelconque à faible intensité.

Le voici décrit :

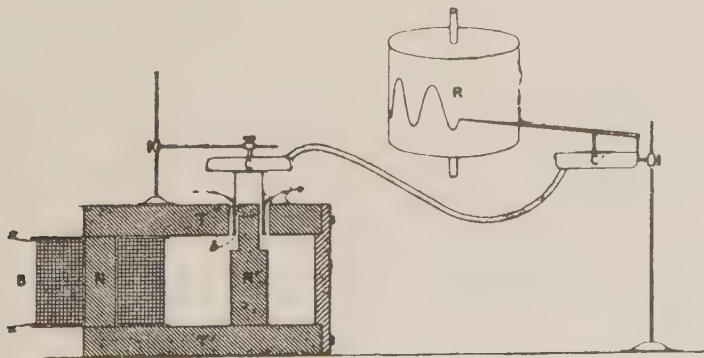


FIG. 2

Appareil inscrivant la forme des ondes données par les machines électromagnétiques usuelles.

« Il se compose d'un puissant aimant TT'NN' (ou électro-aimant) créant un champ magnétique annulaire. Dans ce

champ peut osciller une légère bobine (b) parcourue par l'onde électrique dont on veut inscrire la forme. En vertu d'une action bien connue cette bobine se déplacera dans le champ et son déplacement mesurera à chaque instant les variations du courant qui la traverse. Pour inscrire à distance ce déplacement et l'amplifier en même temps, la bobine est suspendue à la membrane en caoutchouc d'un tambour de Marey (c). Ce premier tambour est relié à un second tambour amplificateur plus petit (c') portant un levier inscripteur se déplaçant sur un cylindre enfumé R mû par un mouvement d'horlogerie... On obtient aussi automatiquement la courbe de l'onde électrique émanant de l'électromoteur employé et l'on peut comparer facilement entre elles les différentes machines.

Voici la courbe obtenue avec une petite magnéto genre Clarke à courants non redressés.

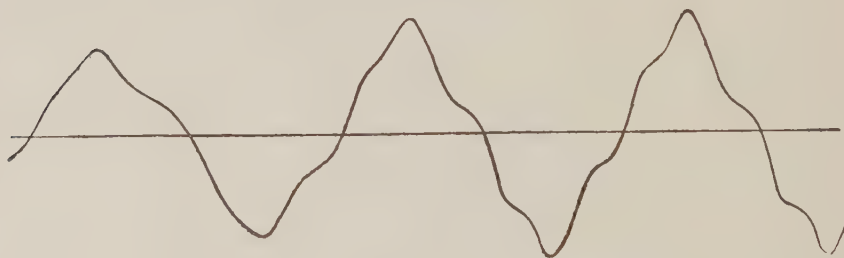


FIG. 3

Onde émanant d'une machine de CLARKE (modèle médical).

La variation n'est pas uniforme. (Fig. 3.)

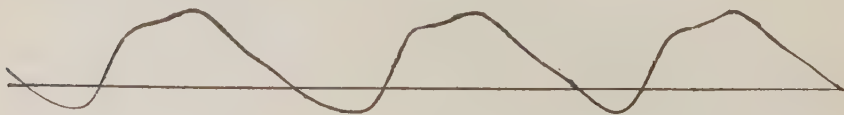


FIG. 4

Onde émanant d'une machine de CLARKE dont le courant a été redressé par un commutateur.

La seconde provient d'une machine analogue mais à courants redressés (on voit qu'ils ne le sont pas complètement). (Fig. 4.)

## CHAPITRE IV

### ARTICLE PREMIER

# L'ETUDE DE L'ONDE SINUSOIDALE DE BASSE FREQUENCE LES COURANTS SINUSOIDAUX EN THERAPEUTIQUE

Les appareils électro-magnétiques usuels ne permettent pas à D'ARSONVAL d'obtenir une courbe à variation régulière (sinu-

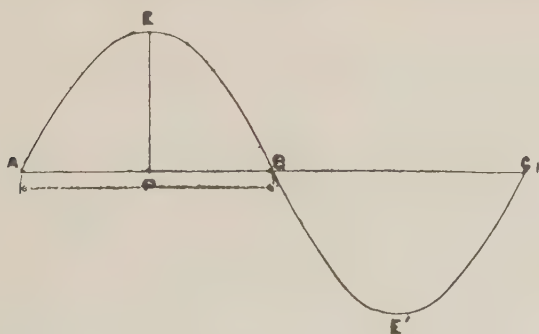


FIG. 5

Variation sinusoïdale alternative du potentiel électrique en fonction du temps. La ligne A C représente la durée de la période complète.

soïdale); il réalise alors une machine spéciale, genre Pixii, à laquelle il apporte les modifications suivantes :

Un aimant circulaire N.S. tournait devant un électro-aimant fixe E, autour d'un axe AA', commandé par une roue dentée R et la manivelle M.

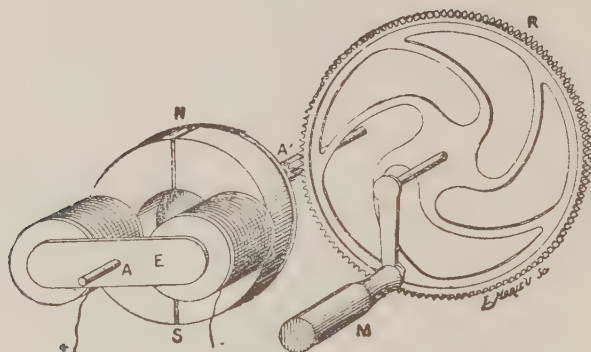


FIG. 6

Machine donnant des courants à variation régulière. N S aimant circulaire se mouvant devant l'électro-aimant fixe E autour d'un axe A A' commandé par la roue dentée R et la manivelle M.

Aux fils marqués + et —, un courant à variation sinusoïdale était ainsi obtenu.

Dans ce cas, l'onde sinusoïdale qui constituait la caractéristique d'excitation était définie par deux facteurs (fig. 5) : la fréquence (ligne A B) et l'ordonnée maxima, ligne E P, qui représentait le facteur physiologique le plus important, c'est-à-dire la variation maxima de potentiel.

Une période complète était caractérisée par la double courbe comprise entre A et C. Ainsi le courant variait régulièrement; partant de zéro pour atteindre un maximum positif E, il revenait graduellement à zéro en B pour croître dans le sens négatif jusqu'à E' et revenir à zéro en C et ainsi de suite.

Les quantités d'électricité traversant les tissus étant égales et de signes contraires, aucun phénomène ni d'électrolyse ni de polarisation n'était possible.

Les effets secondaires dus au passage du courant se trou-

vaient éliminés et il restait seulement l'action propre à l'électricité elle-même.

Remarquons que « la fréquence », c'est-à-dire le nombre d'excitation par seconde (ligne A B) est le double du nombre de période (ligne A C) pendant le même temps.

La machine alternative de Clarke, comparée à l'alternateur sinusoïdal, donnait de fortes secousses, toutes choses égales d'ailleurs, alors que le courant émanant de la machine à courant sinusoïdal régulier était à peine senti :

D'ARSONVAL explique ce résultat différent par la forme de l'onde électrique qui n'est pas la même.

## **GENERATEURS DE COURANTS SINUSOIDAUX A FREQUENCE ET INTENSITES VARIABLES.**

Au point de vue pratique médicale, D'ARSONVAL est conduit à étudier tout spécialement les excitations électriques produites par ces courants alternatifs à variation sinusoïdale.

Mais, pour cela, il fallait pouvoir faire varier d'une manière indépendante la valeur de ce « nouveau facteur la fréquence », ainsi que la variation de potentiel en ayant à chaque instant la valeur de ces variations.

Pour résoudre ce problème d'une manière pratique, D'ARSONVAL fait construire par la Maison GAIRFFE une machine de GRAMME avec addition de connexions spéciales (Fig. 7) :

Un anneau de Gramme C C' portait d'un côté de l'axe le collecteur ordinaire avec ses balais B B' et de l'autre côté deux bagues métalliques isolées K K' communiquant respectivement avec chaque moitié de l'anneau par deux prises de courant situées sur l'induit à 180 degrés. L'anneau tournait dans un champ magnétique créé par un courant indépendant traversant l'inducteur I par les fils marqués + et —. Si l'on mettait l'anneau en mouvement par une force mécanique extérieure, on recueillait aux balais B B' un courant continu et aux frotteurs K K' un courant alternatif à variation sinusoïdale.

La fréquence du courant était donnée par un indicateur de vitesse placé sur l'axe de la machine.

La force électromotrice maxima par un voltmètre ordinaire relié aux deux balais B B'.

On faisait varier la fréquence en changeant la vitesse de rotation et la force électromotrice en modifiant le champ magnétique créé par l'électro-aimant.

Le voltmètre donnait aussitôt la valeur de l'ordonnée maxima et l'indicateur de vitesse la fréquence.

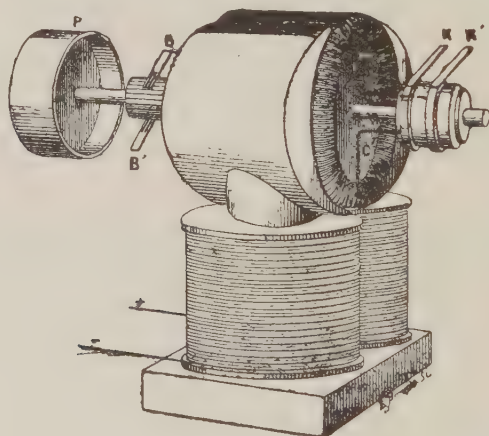


FIG. 7

Générateur de courants sinusoïdaux ou polyphasés à fréquences et intensités variables.

Les deux éléments de la sinusoïde étaient ainsi connus à chaque instant et l'opérateur leur donnait la valeur qu'il désirait.

En amenant un courant continu provenant d'une pile par exemple aux balais B B', on obtenait en K K' un courant sinusoïdal.

D'ARSONVAL nous définit ainsi tous les termes d'une excitation électrique, tant en courants permanents qu'en courants alternatifs sans cesse variables et nous donne ces figures et ces courbes dites « Caractéristiques d'excitation » où pour-

ront être inscrites la nature de l'excitant et les facteurs à « chiffrer de son évolution ».

Les méthodes et les appareils que nous venons de décrire où l'on peut faire varier isolément tous les facteurs des courants discontinus ordinaires et étudier l'influence de chacun d'eux sur les tissus vivants en particulier sur les nerfs et les muscles conduisent aux lois suivantes :

— L'excitation du nerf est mise en jeu surtout par la rapidité et la grandeur de la variation du potentiel, la quantité d'électricité consommée joue un rôle secondaire.

— Au contraire, l'excitabilité du muscle est mise en jeu surtout par la quantité d'électricité et la hauteur de chute du potentiel, c'est-à-dire par l'énergie physique de l'excitation.

## LES COURANTS SINUSOIDAUX EN THERAPEUTIQUE.

L'étude de l'onde sinusoïdale permet à D'ARSONVAL de faire de curieuses constatations. Ce courant à variations régulières jouit de propriétés précieuses, il ne donne aucun choc brusque, amène graduellement le tétanos du muscle (suivant le nombre des alternances) sans douleur, son passage ne s'accompagne d'aucun phénomène d'électrolyse et son influence sur l'économie se traduit par une augmentation dans l'absorption de l'oxygène et l'élimination de l'acide carbonique.

En allongeant suffisamment la caractéristique d'excitation, on arrive à ne plus exciter que la fibre musculaire et on respecte au contraire les terminaisons nerveuses.

En réalisant la *contraction du muscle sans douleur*, D'ARSONVAL venait de doter la thérapeutique d'un moyen nouveau : l'électrisation par les courants voltaïques de forme sinusoïdale à basse fréquence permettant de produire à volonté des excitations bien définies des muscles et des nerfs.

Le Docteur APOSTOLI <sup>(1)</sup> qui a saisi toute la portée de ces

(1) Voir la thèse de MARQUÈS (Paris 1898), inspirée par le Docteur APOSTOLI : « Des applications thérapeutiques du courant ondulatoire en gynécologie. »

nouveaux courants sinusoïdaux sera le premier à les appliquer aux affections gynécologiques donnant naissance à l'électrothérapie gynécologique qui se développera bientôt grâce aux remarquables travaux de LAQUERRIÈRE et de DELHERM.

## ARTICLE II

### **EFFETS DES DIVERS MODES D'ELECTRISATION**

Il était intéressant de comparer à l'excitation que donnent les ondes sinusoïdales, les effets des autres modes d'électrification. Ainsi, D'ARSONVAL put constater que « *le courant continu* » n'exerçait sur la nutrition aucune influence immédiatement et objectivement appréciable.

« *La Franklinisation* » augmentait les combustions respiratoires, mais d'une façon beaucoup moins intense que la voltaïsation sinusoïdale.

« *La Faradisation ordinaire* », qui emploie les courants alternatifs sinusoïdaux, pouvait, à la condition d'être très faible, augmenter les combustions respiratoires, mais trop forte elle produisait un véritable tétanos électrique qui tuait l'animal.

## ARTICLE III

### **LE MECANISME DE LA MORT PAR L'ELECTRICITE LES ACCIDENTS D'ELECTROCUTION ET LA METHODE D'ARSONVAL**

Ces observations sur les résultats comparés, des divers modes d'électrification amènent D'ARSONVAL à étudier le mécanisme de la mort par les courants alternatifs, puis à remédier aux accidents qu'ils occasionnent.

« La mort par le courant alternatif est due à l'arrêt de la respiration produisant l'asphyxie, si cette première cause a été conjurée à l'arrêt du cœur, conséquence de l'élévation de température due à la contraction violente et généralisée du système musculaire. »

Ainsi les courants tuent de deux manières : par action directe qui désorganise les tissus et plus fréquemment par action réflexe ou indirecte, en agissant sur les centres nerveux.

Tandis que dans le premier cas, la mort est définitive, elle n'est souvent qu'apparente dans le second, et d'ARSONVAL, le premier, nous apporte le remède : UN FOUDROYÉ DOIT ÊTRE TRAITÉ EXACTEMENT COMME UN NOYÉ ET SOUMIS AUX MÉTHODES DE LA RESPIRATION ARTIFICIELLE QUI PEUT, BIEN DES HEURES APRÈS L'ACCIDENT, LE RESSUSCITER.

Depuis d'ARSONVAL, la question du mécanisme de la mort par l'électricité, loin de s'élucider, s'est au contraire compliquée par des constatations nouvelles.

Il semble actuellement probable que divers mécanismes fonctionnels ou organiques, cardiaques, curculatoires, nerveux, etc... peuvent être isolément ou en combinaison, facteurs de mort dans les accidents de l'électricité. Mais du moins malgré ces conceptions nouvelles, la théorie de l'atteinte fonctionnelle ou à peu près fonctionnelle des centres nerveux reste-t-elle entière, puisque la « RESPIRATION ARTIFICIELLE » PROPOSÉE PAR d'ARSONVAL DEPUIS 1887 CONTINUE CHAQUE JOUR A SAUVER DE LA MORT, DES VICTIMES DU COURANT ÉLECTRIQUE, ET A CE TITRE CE GRAND FRANÇAIS A DROIT A LA RECONNAISSANCE DE L'HUMANITÉ.

Nous reproduisons ici la communication de d'ARSONVAL sur la « Mort par l'Electricité », on y trouvera une des premières observations d'un « électrocuté » traité et sauvé par la « méthode d'ARSONVAL ».

« LA MORT PAR L'ÉLECTRICITÉ » (D'ARSONVAL). — *Académie des Sciences et Société de Biologie*, 4 août 1887. *Titres et travaux*, 1894, p. 50.

Je suis amené tout naturellement, à présent, à parler des dangers présentés par les courants alternatifs, du mécanisme physiologique par lequel ils entraînent la mort, et des moyens de remédier aux accidents qu'ils provoquent. J'ai essayé comparativement un alternateur Gramme et un alternateur Siemens. Un transformateur pouvait porter le potentiel jusqu'à 2.500 volts. A voltage égal, ce dernier est plus dangereux. Cette différence est facile à expliquer. L'onde électrique de l'alternateur Siemens, dont l'induit ne contient pas de fer, est en effet beaucoup plus brusque, plus brutale, pourrait-on dire, que celle de l'alternateur Gramme. De là ses effets physiologiques plus accentués pendant la fermeture du courant. Il en est tout autrement à la rupture. Si l'on abandonne l'animal à lui-même après ce choc électrique, l'arrêt de la respiration persiste généralement et la mort est définitive. Cette mort pourtant, n'est « qu'apparente », car si l'on pratique immédiatement la respiration artificielle à l'aide d'un soufflet et d'une canule introduite dans la trachée, l'animal revient à la vie au bout d'un temps variable, en présentant parfois des paralysies partielles qui disparaissent spontanément. Si l'on pratique la respiration artificielle au moment même où l'on applique le courant, l'animal manifeste de la douleur, mais sans perdre connaissance ; on ne peut le tuer alors par ce même courant qui amenait précédemment la mort.

Il y a pourtant une limite qui est atteinte lorsque le passage du courant en produisant le tétanos de tous les muscles du corps, a amené un échauffement portant la température centrale au-dessus de 45 degrés. L'animal meurt alors parce que la chaleur coagule les fibres musculaires du cœur, comme l'a montré CLAUDE-BERNARD. La preuve en est qu'on peut continuer l'électrisation à la condition de refroidir artificiellement l'animal.

L'échauffement considérable du corps dans l'électrisation n'est nullement dû, comme on le croit, à la résistance du corps s'échauffant comme un conducteur conformément à la loi Joule. Dans la dernière électrocution faite en Amérique par exemple, la température du supplicié a été trouvée de beaucoup au-dessus de la normale après la mort. On avait fait passer un courant de trois ampères pendant 50 secondes sous 1.500 volts, soit 4.500 watts ou environ 1 calorie par seconde. L'échauffement de ce fait n'eut pas donné plus de 50 calories à 60 calories pendant les cinquante secondes, ce qui pour un homme du poids moyen de 75 kilogrammes, n'eut pas élevé la température propre de 1 degré centigrade.

La chaleur excessive amenée par l'électrisation est donc due uniquement à la contraction violente de tous les muscles. Cette chaleur excessive amène rapidement la coagulation de la fibre musculaire et la rigidité cadavérique par un phénomène semblable à celui qu'on observe chez les animaux forcés à la course ou fourbus, phénomène bien connu des chasseurs.

La mort par le courant alternatif est donc due, d'une part à l'arrêt de la respiration et, d'autre part, à l'élévation de température due à la contraction violente et généralisée du système musculaire. Je ne saurais trop insister sur ce fait expérimental que les courants alternatifs industriels peuvent n'amener le plus souvent qu'une mort « apparente », le retour à la vie étant généralement possible si la respiration artificielle est pratiquée « immédiatement ». Un « foudroyé » doit donc être traité exactement comme un noyé ». Quand le choc électrique a été de courte durée (ce qui est généralement le cas) c'est l'arrêt de la respiration qui amène la mort par syncope; les contractions musculaires ont été alors de trop courte durée pour amener la coagulation des muscles par l'échauffement. Partant de ces expériences, je me suis élevé contre l'électrocution qui est un moyen d'exécution que j'ai qualifié de barbare et d'infidèle. J'ai mis au défi les électrocuteurs américains d'oser pratiquer la respiration artificielle. Mon défi n'a eu d'autres résultats que de faire pratiquer l'autopsie du supplicié, immédiatement après l'exécution, prudente précaution. Un fait récent vient de démontrer combien j'avais raison. Un homme a établi un court-circuit à travers son corps sur un courant alternatif de 4.500 volts (trois fois la tension employée par les électrocuteurs américains). Il a reçu le courant pendant au moins deux minutes. Il a été foudroyé. Ce n'est que quarante minutes après l'accident qu'on a pu pratiquer sur lui la respiration artificielle. Il est revenu à la vie et est sauvé aujourd'hui.

Cet exemple est typique pour montrer à quel degré l'électrocution est barbare et infidèle, comme je l'ai soutenu <sup>(1)</sup>. Il montre également qu'un courant alternatif ne tue pas fatalement. Il en serait tout autrement avec le courant continu qui, « à durée et à voltage égaux » eût amené par électrolyses, des lésions irréparables ».

*S. Biologie 1887 et Ac. des Sciences 4 avril 1887.*

(1) Notons que de nos jours les procédés d'exécution « par la chaise électrique » ont été perfectionnés en Amérique et l'électrocution n'a plus ce caractère « barbare » que signalait D'ARSONVAL en 1887.

## CHAPITRE V

### ARTICLE I

## A LA RECHERCHE DE LA HAUTE FREQUENCE

### A. — LA BOBINE DE RUHMKORFF L'INEXCITABILITE ENTREVUE PAR D'ARSONVAL (1888).

Ainsi l'étude de l'onde sinusoïdale venait de donner le jour à une nouvelle thérapeutique.

Mais D'ARSONVAL ne s'arrête pas là : le problème sera poussé plus loin : si cette onde sinusoïdale très étalée n'excite ni le nerf ni le muscle, que va-t-il se passer, si nous arrivons à augmenter indéfiniment le nombre des excitations électriques dans l'unité de temps, excitation des tissus par des courants à fréquence graduellement croissante que vont devenir les phénomènes d'excitation neuro-musculaire ? Telle est la question que se pose l'éminent physiologiste en 1888.

Pour avoir ces ondes périodiques qu'il cherche pour exciter les nerfs et les muscles D'ARSONVAL a recours à la bobine d'induction dite bobine de Ruhmkorff qui peut donner jusqu'à 1000 excitations par seconde. Dès ses premiers essais à partir d'une certaine fréquence l'excitation neuro-musculaire semble s'éteindre : phénomène curieux et inattendu. D'aucun en fait ne se rendant compte en contradiction formelle avec la théorie classique de Tyndal, qui voulait que « l'excitabilité » soit seulement fonction de la variation de l'inten-

sité du courant dans le temps (loi de DUBOIS-REYMOND, 1848) aurait été tenté d'abandonner le problème, ou tout au moins serait sans doute revenu à des fréquences plus basses soupçonnant une erreur expérimentale et voulant rester dans les limites du problème posé : à savoir « *l'excitation* » neuromusculaire.

Mais pour l'élève de Claude BERNARD, sûr de sa méthode, « le fait scientifique » ne saurait être contesté, il ne sera pas esclave des idées de son temps et au besoin comme nous allons le voir, saura s'en débarrasser car à l'image de son Maître, « il en a toujours de rechange une ou deux et toujours les opposées ».

Le problème sera donc renversé, son attention tout entière se portera alors exclusivement sur ce phénomène nouveau « *d'inexcitabilité* » qui se fait jour dans ses expériences. C'est pour lui l'occasion de recherches nouvelles dans un domaine encore inexploré car un problème nouveau dont il réalise tout de suite la portée vient de se poser — et nous retrouvons bien là le génie du chercheur — se demandant en 1888 si « *les nerfs et les muscles ne deviendraient pas complètement insensibles pour des excitations extrêmement rapides ?* ».

Le problème de « l'excitabilité musculaire » que le physiologiste du Collège de France cesse d'étudier en 1888 trouvera en partie sa solution un peu plus tard entre les mains de HOORWEG (1894) et WEISS (1901), puis de LAPICQUE et BOURGUIGNON (1903) dont les remarquables travaux aboutiront à la notion de chronaxie et de chronaximétrie.

S'il n'est pas admis de nos jours qu'il y ait une loi différente pour le nerf et le muscle comme l'avait avancé D'ARSONVAL, remarquons que dans ses expériences d'excitation sur le muscle (1882), ce génial observateur en nous montrant le rôle de la « *quantité* » d'électricité n'était pas loin de faire ressortir celui du facteur « *temps* » et touchait ainsi de très près à la vérité. Ce n'est que 12 ans plus tard que HOORWEG (1894) mettra définitivement en évidence ce rôle de la quantité d'électricité que D'ARSONVAL avait signalé seulement pour

le muscle. Cette influence de la « quantité » impliquait le rôle du temps que WEISS à la suite de HOORWEG mettra en pleine lumière en 1901 dans ses expériences avec le courant continu et son pistolet.

Ainsi, sans avoir pénétré plus avant dans le problème de « l'excitation » neuro-musculaire, D'ARSONVAL dès 1882 a parfaitement entrevu la loi d'excitation en fonction du temps.

Ses recherches constituent une étape des plus importantes dans l'étude de cette loi et marquent le point de départ des méthodes nouvelles d'excitation qui ont mis ses successeurs sur la voie de la découverte.

Parlant de ses premiers essais avec la bobine, D'ARSONVAL nous dit :

« La bobine est un instrument des plus infidèles avec lequel on peut à peine espérer atteindre 2.000 excitations par seconde, que l'on emploie comme interrupteur, soit le trembleur, soit un interrupteur automatique. Cela tient à la présence du fer doux du noyau qui, s'il se désaimante rapidement, demande au contraire un temps assez long pour s'aimanter, ce temps d'aimantation limite rapidement le nombre des ondes qu'on peut obtenir; les ondes dues à l'aimantation sont en outre très différentes de celles que produit la désaimantation. De plus la forme de ces ondes est inconnue et change lorsqu'on veut augmenter leur nombre ».

D'ARSONVAL. *Titres et Travaux* 1894.

## **B. — L'ALTERNATEUR A CHEVILLES DE D'ARSONVAL (1889). L'EXCITABILITE DIMINUE TRES NETTE- MENT AVEC LA FREQUENCE).**

Pour vérifier le bien fondé de ses idées nouvelles sur « l'inexcitabilité aux hautes fréquences », D'ARSONVAL se voit obligé d'augmenter la fréquence des excitations, car la bobine de Rhumkorff ne peut lui donner que 2.000 excitations par seconde et lorsque les alternances deviennent trop rapides, il n'y a plus de courant.

Nous allons voir comment sa grande imagination expé-

rim mentale va lui permettre de varier les dispositifs de ses expériences.

En 1889, un alternateur mécanique des plus ingénieux réalisé par D'ARSONVAL et construit par la maison Gaiffe remplace la bobine de Ruhmkorff dont le rendement était insuffisant.

Cette fois le courant ne sera plus produit par des variations d'aimantation du fer qui ne donnaient que des résultats inconstants. On pourra modifier à volonté le nombre de période par seconde, la forme de l'onde, fournir un nombre d'ondes variables sans en altérer la forme, et atteindre jusqu'à 10.000 alternances à la seconde.

Par un dispositif approprié le travail absorbé sous forme d'énergie électrique par le tissu en expérience restera constant dans tous les cas, malgré l'augmentation du nombre des alternances.

Enfin le courant qui servira à exciter le muscle sera gradué par un procédé mécanique.

Voici la description de cet alternateur.

L'appareil se compose d'un inducteur et d'un induit. L'inducteur est formé d'une bobine cylindrique en fer, munie de deux grandes joues en fer, de 50 centimètres de diamètre. Cette bobine, peut tourner rapidement autour de son axe monté sur pointes. Autour de l'axe est enroulé un fil de cuivre isolé qui, traversé par un courant constant, polarisé une des joues nord et l'autre sud. A la face interne des joues, et près de leur bord sont implantées 100 chevilles en fer, qui se font vis-à-vis deux à deux en laissant entre chaque couple nord-sud un petit espace libre de 1 centimètre environ. Dans cet espace libre on maintient au moyen d'un support fixe, une petite bobine circulaire « sans fer » ayant la forme d'une galette, constituant le circuit induit. En mettant la grosse bobine en mouvement, chaque paire de pôles qui passera devant la bobine fixe y induit une double onde sinusoïdale dont on gradue l'énergie, par une même vitesse de rotation, en modifiant l'intensité du courant qui crée le champ magnétique inducteur. Cet appareil permet de modifier, soit le nombre de périodes par seconde, soit la forme de l'onde. Il a le grand avantage de fournir un nombre d'ondes variable sans en alterner la forme. « Il suffit, en effet, tout en lais-

sant la vitesse de rotation constante, d'enlever les chevilles polaires de deux en deux pour diminuer le nombre des courants, engendrés pendant un tour complet de l'inducteur. Avec une seule paire de chevilles polaires, on n'a qu'une période par tour, avec 100 on en a 100 dans le même temps et les ondes produites ont la même forme, puisque les pôles qui passent devant la bobine fixe ont la même valeur et la même aimantation.

Avec cet appareil, j'ai pu aller jusqu'à 10.000 alternances à la seconde ».

(*Titres et Travaux.*)

C'est cet « alternateur à chevilles » qui permettra au physiologiste du Collège de France de poser très nettement l'influence de la « fréquence » sur l'inexcitabilité neuro-musculaire, dans son cours au Collège de France de 1889 à 1890.

« *Je vis alors clairement, dit-il, que l'excitation diminuait avec la fréquence* », (*Titres et Travaux*, p. 52).

En effet :

« En augmentant graduellement la fréquence les phénomènes d'excitation neuro-musculaires augmentaient jusqu'à 2.500 ou 3.000 excitations, restaient stationnaires entre 3.000 et 5.000 et allaient ensuite en diminuant jusqu'à 10.000; de sorte qu'un courant de 3.000 est beaucoup plus douloureux qu'un courant de 10.000 et beaucoup moins qu'un courant de 150 seulement et même de 40 avec la machine de Gramme ».

Et d'ARSONVAL ajoutait :

« Ces expériences me portent à croire que les machines à courant alternatif de puissance égale sont d'autant moins dangereuses que la fréquence des courants qu'elles engendrent sera elle-même plus grande, contrairement à ce qu'on aurait pu croire ».

ARTICLE II

DANGERS DES GENERATEURS ELECTRIQUES

(INFLUENCE DE LA FREQUENCE)

Nous ferons remarquer ici que déjà depuis 1884 et surtout depuis 1887 D'ARSONVAL étudiant les dangers des générateurs électro-mécaniques avait entrevu cette influence de la fréquence :

« Ce n'est pas quand le courant électrique a atteint un régime permanent qu'il est dangereux : presque toujours les accidents se produisent au moment de la rupture ou de l'établissement du circuit électrique. Dans ces conditions il est facile de démontrer que les dangers que court l'opérateur ne dépendent nullement de la tension et de l'intensité du courant primitif, comme on le croit généralement, mais se trouve sous la dépendance « *d'un facteur tout autre* », qu'on ne peut calculer par la seule connaissance de la tension et de l'intensité du courant primitif ».

(*Société de Biologie*, 27 déc. 1884).

Un peu plus tard en 1887, au cours de ses recherches sur la mort par l'électricité dans l'industrie, l'influence de la fréquence des courants alternatifs sera plus nettement posée : l'auteur qui a fait une étude comparative des dangers présentés par les différentes sources d'électricité nous dit :

« Avec les courants alternatifs, comme avec les courants continus interrompus, le danger est fonction à la fois de la différence de potentiel et de « *la fréquence* » des variations ».

(« La Mort par l'Electricité », *Sté de Biologie*, 19 fév. 1887).

Cependant l'appareil de D'ARSONVAL ne lui permet pas de supprimer complètement tout phénomène d'excitation sur le nerf et il n'a pu dépasser 10.000 excitations à la seconde; im-

patient de savoir ce qui va se produire lorsqu'il pourra atteindre des fréquences encore plus hautes, il prévoit le résultat de ce problème qui l'occupe depuis 1880, lorsqu'un trait de génie lui fait songer à l'appareil que HERTZ venait de mettre au point depuis 1887 et qui lui permettait d'atteindre jusqu'à mille millions de vibrations par seconde, fréquence que D'ARSONVAL n'avait jamais osé espérer.

## CHAPITRE VI

### ARTICLE I

## LA HAUTE FREQUENCE REALISEE PAR HERTZ

### (IDENTITE DES PHENOMENES LUMINEUX ET ELECTRIQUES)

Les recherches qui étaient faites par HERTZ pour réaliser les hautes fréquences se rattachent à un problème des plus intéressants, le principe qui les a inspirées a une importance considérable dans la genèse des hautes fréquences.

## LA THEORIE ELECTRO-MAGNETIQUE DE LA LUMIERE (1865).

Depuis quelques années, les idées sur la nature de la lumière s'étaient modifiées et sur des considérations d'ordre mathématique d'abord, sur des résultats expérimentaux ensuite. MAXWELL, en 1865, avait fondé la théorie électro-magnétique de la lumière : l'identification des phénomènes électriques et lumineux. D'après les théories nouvelles ces phénomènes seraient dus les uns et les autres à un mouvement vibratoire périodique d'un milieu particulier, l'éther, qui existe partout.

On était donc arrivé à admettre que les vibrations électriques et les vibrations lumineuses ne différaient que par la fréquence et leur longueur d'onde.

HERTZ, continuateur de FARADAY et de MAXWELL courait donc après « des ondes extrêmement courtes », aussi peu étalées que possible puisqu'on soupçonnait la lumière de procéder par ondes électro-magnétiques mais de « fréquence infiniment grande », donc de longueur d'onde infiniment petite.

## LA DÉCHARGE OSCILLANTE DES CONDENSATEURS.

Tel était le sujet des études de HERTZ qui pour résoudre ce problème eut l'idée de se servir de la « décharge oscillante » d'un condensateur.

Ce phénomène a été découvert par FEDDERSEN et étudié par HELMHOLTZ et sir W. THOMSON qui en ont démontré la loi mathématique.

Il consiste en ceci : si on opère la décharge d'une bouteille de Leyde au moyen d'un conducteur, deux cas très différents peuvent se présenter suivant la valeur relative des capacités (C), du coefficient de self-induction (L), et de la résistance (R) du

système. Si on a  $R > \sqrt{\frac{4L}{C}}$  la décharge est continue; dans

le cas contraire elle est « oscillatoire ». Dans le cas de la décharge oscillatoire, les oscillations sont isochrones et leur amplitude décroît suivant les termes d'une progression géométrique. Les mouvements d'un liquide dans des vases communicants font bien comprendre ce qui se passe dans la bouteille de Leyde.

Lorsque la résistance est négligeable la durée d'une oscillation est  $T = 2 \pi \sqrt{LC}$ .

## L'OSCILLATEUR DE HERTZ.

C'est ainsi que pour obtenir en salves innombrables ces ondes électro-magnétiques de haute fréquence et de très

courte longueur, HERTZ eut l'idée de faire charger et décharger à très grande vitesse, un condensateur de très petite capacité et de très petite self par une machine alternative de très haute tension : une forte bobine de Ruhmkorff.

A la bobine il ajouta un petit système condensateur à boule :

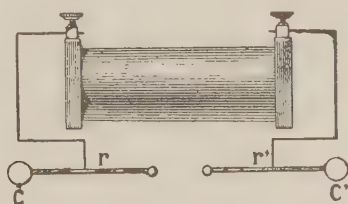


FIG. 8

Oscillateur de HERTZ

Les deux pôles de la bobine étaient reliés à deux tiges métalliques  $rr'$  de un mètre de long, placées dans le prolongement l'une de l'autre, terminées aux extrémités en regard par deux boutons métalliques très voisins, aux extrémités opposées par deux pièces  $cc'$  de 15 cm. de diamètre.

Sous l'influence des émissions successives de la bobine des étincelles éclatent entre les deux boutons et provoquent des oscillations électriques d'une énorme fréquence. Chaque étincelle de la bobine chauffe le diélectrique « air » qui sépare les armatures du condensateur de très petite capacité  $C$  (représenté par les boules  $CC'$  et leurs tiges  $r r'$ ) lesquelles présentent une certaine self-induction  $L$ . C'est cet échauffement du diélectrique par étincelle de la bobine qui rendra la résistance  $R$  du système plus petite que le rapport des autres constituants  $L$  et  $C$  du circuit.

$$R < 2 \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Derrière chaque étincelle de la bobine se précipite alors une décharge oscillante du système condensateur et comme ici self-induction et capacité du circuit sont très petites la durée

T de la période sera extrêmement courte en vertu de la formule :

$$T = 2 \pi \sqrt{L \times C}$$

C'était précisément ce que recherchait HERTZ pour se rapprocher le plus possible des ondulations lumineuses.

Nous remarquons comment le génial expérimentateur associait du même coup la « rapidité des charges » et la « soudaineté des décharges » qui représentait aussi une condition « sine qua non » pour que cette décharge soit oscillante.

Toutes ces conditions réalisées : soudaineté, faible capacité, grande tension, etc..., permettent d'obtenir des oscillations n'ayant pas plus de 1 cm. de longueur d'onde, c'est-à-dire représentant une fréquence de 30.000.000.000 à la seconde.

C'est ainsi qu'en 1887 le génie de HERTZ qui avait compris toute la valeur scientifique de l'étincelle oscillante, venait de permettre d'obtenir en série des ondes électro-magnétiques de très haute fréquence. HERTZ produisait des ondes de 5 m. 30 puis à la suite de modifications de son oscillateur descendit jusqu'à 60 cm.

## HERTZ ET D'ARSONVAL.

Ainsi tandis que HERTZ cherchait à élever la fréquence pour démontrer le bien-fondé de la théorie électro-magnétique de la lumière, D'ARSONVAL par ses expériences avait été amené à la rechercher dans un ordre d'idée différent dans le domaine biologique.

Entre les mains de HERTZ, physicien et mathématicien, les courants de haute fréquence devenaient une preuve de l'analogie de l'électricité et de la lumière et tout en apportant une preuve de plus à la théorie de MAXWELL, leur étude ouvrait des horizons nouveaux à la physique et à la philosophie.

Entre les mains de D'ARSONVAL, physiologiste et médecin, ils vont devenir la source d'une série ininterrompue de re-

cherches biologiques; ces recherches apporteront à la physiologie expérimentale des notions nouvelles d'un intérêt supérieur, à la médecine des moyens curatifs nouveaux tout en introduisant en même temps dans le domaine de la philosophie biologique des notions qui vont éclairer certains phénomènes vitaux, en particulier ceux de la sensibilité générale.

## ARTICLE II

### LA HAUTE FREQUENCE DE HERTZ APPLIQUEE A LA PHYSIOLOGIE " LA LOI D'ARSONVAL " DEMONTREE (1890)

Nous retrouvons en 1890 D'ARSONVAL après avoir démontré avec son « alternateur » à chevilles la diminution de l'excitabilité neuro-musculaire à partir d'une certaine fréquence, poursuivant ses expériences avec le vibreur de HERTZ.

La période de l'appareil de HERTZ calculée par la formule de THOMSON  $T = 2 \sqrt{L C}$  atteindra 20 à 25 billionièmes de seconde : le résonateur modifié par JOUBERT installé à 50 centimètres environ du vibreur donnera des étincelles de 5 à 6 millimètres de long.

A l'aide d'étincelles de cette force D'ARSONVAL n'arrive pas à exciter une patte galvanoscopique des plus sensibles.

« Constamment la grenouille refuse de se contracter; en recevant les étincelles sur un doigt, sur la pointe de la langue, on n'éprouve aucune sensation douloureuse » et pour la première fois dans son cours au Collège de France, en 1890, D'ARSONVAL peut démontrer, d'une façon magistrale, cette loi qu'il a pressentie depuis 1888 :

*« Les nerfs sensibles et les nerfs moteurs sont insensibles à des excitations ou à des ondulations électriques qui atteignent 20 à 30 millions par seconde ».*

Notre système neuro-musculaire est organisé pour répondre seulement à des vibrations de fréquence déterminée. Nous n'avons pas de nerfs, pas de terminaisons nerveuses sensibles correspondant à cette période vibratoire. Ceci du reste n'est pas surprenant : le nerf optique ne perçoit que les vibrations de l'éther dont le nombre se trouve compris entre 497 billions (rouge) et 728 billions (violet) par seconde; il est « aveugle » pour les vibrations infra-rouges et ultra-violettes. De même le nerf acoustique n'est impressionnable que pour des vibrations d'une certaine vitesse; les sons musicaux ne sont pas perçus lorsqu'ils correspondent à des vibrations trop lentes ou trop rapides.

Telle est la séduisante explication donnée par D'ARSONVAL du phénomène qu'il vient de découvrir et tout de suite cette déduction :

Nous pouvons diviser les terminaisons nerveuses en deux catégories spéciales :

*« Les unes seraient sensibles à certaines ondulations de l'éther, c'est-à-dire aux vibrations transversales d'une période déterminée; les autres (terminaisons acoustiques, corpuscules du tact, etc...) ne seraient au contraire influencées que par des vibrations de la matière pondérale (vibrations de l'air, des corps solides) d'une période infiniment plus longue.*

Quant à l'explication physique, les courants alternatifs se porteraient surtout à la surface du conducteur, leur pénétration est d'autant moins grande que la fréquence est plus grande; lorsque la fréquence est assez grande le courant passant par le corps d'un animal ne pénétrera pas et s'écoulera tout entier par la surface, c'est là qu'il faut rechercher l'explication du danger diminuant à mesure que la fréquence augmente.

Ce n'est qu'un peu plus tard que D'ARSONVAL publiera ses résultats à la Société de Biologie les 24 février, 2 mai et 25 avril 1891.

A titre historique, nous reproduisons en entier cette mémorable publication.

#### ACTION PHYSIOLOGIQUE DES COURANTS ALTERNATIFS

« Dans une communication verbale du 24 février 1891, j'ai signalé à la société, l'action physiologique spéciale des courants alternatifs de forme sinusoïdale à période lente, j'ai montré que des courants de cette nature, incapables de provoquer aucune contraction musculaire, ni aucun phénomène douloureux agissent néanmoins puissamment sur les combustions respiratoires. Leur passage chez l'homme sain s'accompagne d'une augmentation de la quantité d'oxygène absorbée et d'une émission plus grande d'acide carbonique.

J'ai poursuivi l'étude de ces courants en augmentant de plus en plus leur fréquence et en étudiant cette fois l'influence de la fréquence sur la sensibilité générale, et sur l'excitabilité neuro-musculaire. J'ai employé pour cela des machines industrielles à courants alternatifs (Gramme et Siemens) et aussi un modèle spécial d'alternateurs pouvant donner jusqu'à 10.000 alternances ou excitations par seconde. Par un dispositif que je ne puis indiquer ici, je me suis arrangé de façon à ce que le travail absorbé sous forme d'énergie électrique par l'organisme ou le tissu en expérience restât constant dans tous les cas, malgré l'augmentation du nombre des alternances.

Il suffit pour cela que la formule représentant le travail d'un courant alternatif dans le circuit extérieur satisfasse à l'égalité :  $E_e I_e \cos 2 \pi \varphi = \text{constante}$ .  $E_e$  étant la force électro-motrice efficace  $I_e$  l'intensité efficace du courant et  $\varphi$  ce qu'on appelle la phase.

Pour graduer convenablement le courant qui sert à exciter le nerf ou le muscle, j'envoie le courant provenant de

la machine dans le circuit primaire d'un appareil à chariot sans fer et c'est à l'aide du courant prenant naissance dans la bobine mobile que j'excite le tissu en éloignant convenablement cette dernière du circuit inducteur. Le chariot de DUBOIS-REYMOND joue le rôle de transformateur à rendement variable.

J'ai constaté dans ces conditions qu'en augmentant graduellement la fréquence les phénomènes d'excitation neuro-musculaire vont en augmentant jusqu'à 2.500 ou 3.000 excitations par seconde; qu'ils restent stationnaires entre 3.000 et 5.000 et vont ensuite en décroissant jusqu'à 10.000 de sorte qu'un courant ayant 3.000 alternances est beaucoup plus douloureux qu'un courant de 10.000 et beaucoup moins qu'un courant de 150 seulement et même de 40 avec la machine de GRAMME.

Ces expériences me portent à croire que les machines à courants alternatifs, de puissance égale, sont d'autant moins dangereuses que la fréquence des courants qu'elles engendrent sera elle-même plus grande, contrairement à ce qu'on aurait pu supposer.

Quelle explication donner à ce fait expérimental ?

Je n'en vois que deux possibles : une physique bien démontrée et l'autre physiologique et hypothétique. Il est bien démontré aujourd'hui que dans le cas de courants alternatifs la loi d'OHM  $I = E/R$  n'est plus applicable; la distribution du courant alternatif dans le conducteur est tout autre que dans le cas du courant constant.

Le courant alternatif se porte surtout à la surface du conducteur comme l'électricité statique. Sa pénétration dans le conducteur est d'autant moins grande que la fréquence est plus grande. Dans le cas des courants alternatifs la

conductibilité d'un conducteur cylindrique croît seulement comme sa surface.

Lorsque la fréquence est suffisante par conséquent le courant passant par le corps d'un animal ne pénétrera pas et s'écoulera tout entier par la surface, et c'est là sans doute qu'il faut chercher l'explication de la diminution du danger à mesure qu'augmente la fréquence.

On peut supposer en second lieu que les tissus ne sont plus excitables par des chocs suffisamment rapides, dans le cas actuel on ne peut admettre cette explication puisque j'ai démontré autrefois qu'un muscle peut reproduire la parole et répondre par conséquent à plus de 10.000 excitations par seconde.

Pour savoir si le muscle et le nerf peuvent répondre à des excitations électriques extrêmement rapides, j'ai abandonné tous les interrupteurs électriques, mécaniques qui peuvent donner difficilement 30.000 excitations par seconde, je me suis servi d'un dispositif qui peut donner jusqu'à 1.000 millions de vibrations électriques par seconde. C'est l'appareil bien connu des physiciens depuis les admirables recherches du Dr Hertz sur les oscillations électriques. J'ai donc installé un vibreur de Hertz dont la période calculée par la formule de Thomson  $T=2\pi\sqrt{\frac{1}{LC}}$  est de 20 à 25 billionièmes de seconde. Un résonateur de HERTZ modifié par M. JOUBERT, installé à 50 centimètres environ du vibreur, donne des étincelles de 5 à 6 millimètres de longueur au maximum. Et bien, à l'aide d'étincelles de cette force, il m'a été impossible d'exciter une patte galvanoscopique des plus sensibles dans les conditions où j'ai opéré. M. JOUBERT à qui je relatais ce fait

m'a dit qu'il n'avait pas été plus heureux que moi lorsqu'il a répété les expériences de HERTZ au laboratoire central d'Electricité. Constamment la grenouille a refusé de se contracter bien que le résonateur de M. JOUBERT donnât des étincelles de plus de un centimètre.

D'ailleurs si on reçoit ces étincelles sur un doigt, sur le bout du nez, sur la pointe de la langue, etc., on n'éprouve absolument aucune sensation de piquûre, alors que le choc serait très violent, très douloureux si on recevait une étincelle de pareille longueur provenant d'un appareil de Ruhmkorff.

*Les nerfs sensibles et les nerfs moteurs sont donc insensibles à des excitations ou à des ondulations électriques qui atteignent 20 à 30 millions par seconde.* Nous n'avons pas de nerfs ou plutôt de terminaisons nerveuses sensibles correspondant à cette période vibratoire. En revanche, nous en avons d'autres qui sont accordées pour des mouvements vibratoires beaucoup plus rapides allant de cent à quatre cents billions de vibrations par seconde (ondulations calorifiques), ce sont les terminaisons nerveuses transmettant les impressions de chaleur et de froid. D'autres terminaisons nerveuses (rétine) sont sensibles à des ondulations encore plus rapides comprises entre 497 millions (rouge) et 728 billions par seconde (violet). Au-delà de 728 billions par seconde, nous ne connaissons ces mouvements ondulatoires de l'éther que d'une manière indirecte (fluorescence, photographie, etc...). On pourrait d'après cela diviser les terminaisons nerveuses en deux catégories spéciales : les unes seraient sensibles à certaines ondulations de l'éther, c'est-à-dire aux vibrations transversales d'une période déterminée; les autres (terminai-

sous acoustiques, corpuscules du tact, etc...) ne seraient au contraire influencées que par des vibrations de la matière pondérale (vibration de l'air, des corps solides, etc...) d'une période infiniment plus longue ».

*Société Biologie*, 2 mai-25 avril 1891.

## **FACTEURS DE L'INEXCITABILITE.**

Quels sont les facteurs déterminant cette inexcitabilité des nerfs et des muscles pour les courants de haute fréquence.

Le problème posé par D'ARSONVAL en 1890 n'a pas encore été résolu de nos jours.

Les recherches si intéressantes de NERNST (1899), GUILLEMINOT, LAPICQUE, des auteurs lyonnais CLUZET, CHEVALIER et PONTIUS sur « les courants de haute fréquence redressés » (1925) et plus récemment d'AMIOT sur « la haute fréquence variable » (1928) et de MONNIER sur « la para-résonance » ne nous ont point donné de théorie physique satisfaisante pour expliquer le phénomène découvert par D'ARSONVAL. Cependant LAPICQUE et BOURGUIGNON nous ont donné une mesure de l'excitabilité.

C'est ainsi qu'en décembre 1890, dans son cours au Collège de France, après de patientes et laborieuses recherches, poursuivies sans relâche depuis 1880, l'éminent physiologiste D'ARSONVAL venait en démontrant la loi de l'inexcitabilité neuromusculaire pour les courants de haute fréquence, de découvrir le fait fondamental qui allait permettre l'emploi de ces nouveaux courants en thérapeutique.

### **ARTICLE III**

## **L'ERREUR DE DUBOIS-REYMOND**

Et maintenant ne pourrions-nous pas nous demander ici pourquoi à la suite de DUBOIS-REYMOND la physiologie s'est

égarée pendant plus d'un demi-siècle sur ce problème de l'excitation neuro-musculaire ?

Peut-être, si le physiologiste allemand ne s'était point cantonné dans les limites d'une expérience incomplète en expérimentant par exemple qu'avec des courants dépassant le demi-centième de seconde — durée beaucoup trop longue pour saisir la « loi D'ARSONVAL » — la loi découverte en 1890 par le physiologiste français aurait-elle été connue plus tôt... et les progrès de l'électrothérapie auraient-ils été plus rapides...

Mais aucun des premiers observateurs n'avait songé à « raccourcir le temps d'excitation » comme venait de le faire D'ARSONVAL ; l'excitabilité avait toujours paru s'affirmer indépendante du temps de passage sous l'influence de l'Ecole allemande.

Cependant l'histoire nous apprend que quelques années avant les découvertes réalisées au Collège de France, cette réduction de l'excitabilité s'était plus ou moins manifestée « par hasard » aux yeux de certains expérimentateurs qui n'en avaient point réalisé toute la portée.

#### ARTICLE IV

### LES OBSERVATIONS DE WARD

C'est ainsi qu'en 1870, WARD, aidé de SPOTTISWODE, semble avoir entrevu la diminution de l'excitabilité musculaire par des excitations se succédant d'une manière extrêmement rapide.

Dans ses expériences de capacité inductive, WARD se servait d'un interrupteur constitué par une roue de laiton portant un certain nombre de fentes dirigées suivant les rayons et remplies d'ébonite. Un léger ressort de platine appuyait sur la circonférence, il était tenu dans une mâchoire gainée de caoutchouc pour amortir les vibrations. Quand la roue tour-

nait le contact était rompu chaque fois qu'une des fentes passait sous le ressort. Sur l'axe de la roue se trouvait une petite poulie sur laquelle s'appliquait la courroie de transmission reliée à un volant commandé par la main.

WARD réalisait ainsi un interrupteur à grande vitesse pouvant fournir jusqu'à 6.000 fermetures et 6.000 ruptures par seconde.

Au cours de ses expériences, il avait remarqué : « *L'extrême petitesse de la quantité d'électricité fournie par un tel interrupteur, dans certaines petites bobines où la longueur de l'étincelle avec la lame vibrante ne dépassait pas 1/10<sup>e</sup> de pouce (2 mm. 5); on ne pouvait pas supporter l'effet de la décharge de la bobine à travers le corps tant était grande la secousse; au contraire, avec son interrupteur rapide et des bobines plus grandes, il pouvait recevoir sans crainte, en un point quelconque du corps, des étincelles de 1/4 et 3/8<sup>e</sup> de pouce, soit de 6,3 à 9,5 millimètres* ».

(Traité de Gordon, t. II 1881.)

## ARTICLE V

### MORTON ET LA HAUTE FREQUENCE

Un peu plus tard, en 1881, le Docteur William-James MORTON, de New-York, pour traiter ses malades, se servait d'une machine statique de Holtz munie de ses condensateurs — on approchait les boules polaires de manière à produire une succession de décharges. Le malade était intercalé entre les armatures externes des condensateurs.

Dans un article publié dans le « New-York Médical Record » (avril 1881) l'auteur américain signale que ce nouveau courant induit est doué d'un grand pouvoir diffusif, produit un effet analgésique, possède une action vaso-motrice manifestée

par la dilatation des vaisseaux superficiels et élève la température du corps.

MORTON sans le savoir faisait ainsi de la haute fréquence.

Le Professeur BORDIER reprendra plus tard l'étude de ces courants Frankliniques interrompus sous le nom de « Franklinisation Hertzienne ».

## ARTICLE VI

### DES EXPERIENCES DU COLLEGE DE FRANCE (1889-1890)

### AUX PREMIERS TRAVAUX AMERICAINS (1891)

Si dans les pages précédentes, il s'est avéré incontestable que seul d'ARSONVAL — dès avant 1889-1890, et comme suite à une chaîne ininterrompue de recherches remontant à plusieurs années, — a su dégager la loi de la diminution de l'excitabilité animale à des courants alternatifs, rendus de plus en plus fréquents, — nul n'en ayant à ce moment-là encore exprimé l'idée ni la portée, nul ne l'ayant, à l'aide d'appareils, enseigné et prouvé comme il l'avait fait cette même année 1890 dans son cours public au Collège de France, et non seulement alors par un alternateur mécanique à 10.000 alternances, mais encore par l'application directe de l'étincelle de Hertz — on va donc à bon droit pouvoir s'étonner d'entendre dans les pages suivantes, rapporter par certains mal informés, à l'illustre ingénieur-électricien américain Nikola TESLA, le mérite de la découverte et de l'expression d'une loi qui, en définitive lui est une « surprise » lorsque par hasard en 1891 seulement il l'observe à son tour !

Cet étonnement (qui depuis longtemps n'en est plus un pour d'ARSONVAL) advient comme on le verra à TESLA, au cours de

recherches sur la possibilité de l'utilisation des courants alternatifs à très haute fréquence, comme moyen d'éclairage industriel et en partant d'observations et de réflexions sur les tubes de CROOKES.

Il pense et écrit alors dans un article de « l'Electrical World » en date du 21 février 1891 que « si les expériences du Professeur CROOKES avaient été effectuées avec une machine à courant alternatif produisant 10.000 à 20.000 alternances à la seconde, elles auraient été bien plus complètes... mais *celui qui tenterait de construire une machine de ce genre rencontrerait de sérieuses difficultés* <sup>(1)</sup>... il s'agirait d'abord de réaliser une armature possédant le nombre voulu de bobines... qu'il y ait dans la bobine des noyaux magnétiques, la machine aura grande chance de chauffer... s'il n'y a pas de noyau la machine chauffera moins, mais il n'y aura pas de courant... il devra abandonner le fer de l'armature... il tombera alors de Charybde en Scylla ».

« Parmi les plus intéressantes expériences qu'une machine de ce genre *permettrait de réaliser...* » etc. ».

Mais alors, il présume sans avoir encore réalisé cet appareillage « *souhaitable* » et lorsqu'en mai 1891 seulement il rapporte des expériences précises, on voit tout de suite E. THOMSON lui en contester déjà la priorité en rapportant une lettre du 29 décembre 1890 du Docteur Edward TATUM (voir au chapitre suivant toute cette documentation).

Or, ne l'oublions pas, l'effet de diminution de l'excitabilité des tissus animaux à des périodes de plus en plus rapides, avait été établi, de main de maître et en physiologiste depuis longtemps sur la piste de ce phénomène, par D'ARSONVAL dès 1889-1890 et il l'avait publiquement enseigné alors au Collège de France (décembre 1890) <sup>(2)</sup>.

Si avec la sagesse qui l'a toujours caractérisé il se décide

(1) Any one who attempts for the first time to construct such a machine will have a tale of woe to tell.

(2) « Applications physiologiques et médicales de l'électricité », Cours du Professeur A. D'ARSONVAL au Collège de France, 1889-1890 et 1890-1891.

seulement en février, avril et mai 1891, à en communiquer à la « Société de Biologie », dans ses communications il rappelle soigneusement son enseignement au Collège de France de l'année précédente et nul de ceux-là qui font partie de l'illustre société et sont au courant de ce qui s'est dit et fait en l'année 1890 (il y a quelques mois seulement), n'a l'idée de s'inscrire en faux contre le rappel que D'ARSONVAL fait de son enseignement public et patent.

Au surplus, nous l'avons dit, celui-ci n'est déjà plus qu'une conclusion au bout d'un chemin depuis longtemps ouvert par lui et « *la véritable priorité* » est bien là indiscutablement pour l'homme qui a prévu, amorcé et démontré par son alternateur mécanique et par l'oscillateur de Hertz lui-même, la loi d'inexcitabilité aux hautes fréquences qui logiquement doit s'appeler : « **LOI D'ARSONVAL** ».

Si nous voulions aller jusqu'au bout de notre pensée, ne pourrions-nous pas vraiment dire que les échos du Collège de France et des appareils qui y avaient fonctionné au cours de 1890 avaient parfaitement pu franchir l'Atlantique, se trouver importée en Amérique, rapportés par quelques auditeurs et y avoir éveillé l'attention sur ces courants de haute fréquence, dont le pédigrée physiologique — tolérance du corps à ces courants — avait frappé D'ARSONVAL et avait déjà été divulgué, claironné par lui ?

Bien plus, lorsque D'ARSONVAL annonce le 25 avril 1891 qu'il a substitué l'appareil de Hertz à son alternateur mécanique de 10.000 alternances, TESLA expérimente encore avec un alternateur mécanique de 20.000 périodes et ne fait aucune allusion à l'utilisation des ondes de HERTZ pour éprouver le corps humain, si bien que l'idée de l'application première des ondes hertziennes de très haute fréquence à l'organisme sont bien là encore de D'ARSONVAL et expérimentées par lui dès l'année précédente.

Tout cela va être maintenant solidement assis dans les pages suivantes dont, d'ailleurs, le principal intérêt ne sera pas de

redire l'incontestable priorité de D'ARSONVAL sur la loi en question, que de montrer TESLA et E. THOMSON s'en disputer pour l'Amérique... « l'idée première », car en Europe ils avaient été largement prévenus, nous venons de le voir, par D'ARSONVAL.

## CHAPITRE VII

### ARTICLE PREMIER

# LA HAUTE FREQUENCE INDUSTRIELLE DE N. TESLA (SES CONSTATATIONS PHYSIOLOGIQUES)

## "LA LUMIERE SANS CHALEUR"

A la même époque où le physiologiste français D'ARSONVAL poursuivait ses études, le physicien TESLA, en Amérique, attirait l'attention sur les propriétés des courants alternatifs à oscillations très rapides.

Nous allons voir comment TESLA, attaché à un problème très différent de celui qui occupait D'ARSONVAL, arrivait cependant tout à fait « *incidemment* » aux mêmes conclusions physiologiques que ce dernier, à savoir « que les courants de haute fréquence étaient sans danger pour l'organisme humain ».

TESLA, préoccupé de donner une solution nouvelle et économique au problème de l'éclairage électrique, cherchait à élever la fréquence des courants alternatifs jusqu'à des fréquences voisines des vibrations lumineuses (500 trillions par seconde) en vue de produire de la « lumière sans chaleur ».

Tel était l'objet des recherches de TESLA, physicien éminent, qui ne s'était jamais préoccupé du problème physiologique de l'excitation neuro-musculaire.

Ce sont les expériences de CROOKES ainsi que l'effet FERRANTI et les discussions assez contradictoires auxquelles il donne

lieu qui provoquent les premières observations de TESLA sur les courants alternatifs à haute fréquence.

Dans une communication parue dans « l'Electrical World » 21 février 1891, TESLA raconte que les expériences de CROOKES auraient été bien plus intéressantes si elles avaient été effectuées à l'aide d'une machine à courant alternatif pouvant produire 10.000 à 20.000 périodes par seconde.

« *Le constructeur d'une machine de ce genre rencontrerait des difficultés particulières* ».

Parmi les plus intéressantes expériences qu'une telle machine permettrait de réaliser, sont celles que l'on fait avec une bobine d'induction de haute tension, nous dit TESLA.

L'aspect de la décharge serait complètement changé, l'arc s'établirait à des distances beaucoup plus considérables et serait étonnamment affecté par des courants d'air. On entendrait le rythme particulier aux arcs alternatifs même lorsque les alternances dépasseraient 10.000 par seconde et la hauteur de la perception ordinaire des sons.

Dans un tel appareil, un circuit induit d'une certaine intensité durerait au moins dans la bobine pendant quatre dix-millièmes de seconde, cette durée est plus grande que la moitié de la période, il s'en suit que la force électro-motrice opposée commencerait à agir lorsque le courant circulerait encore.

« Le courant de la décharge d'une telle bobine est si faible qu'il ne produit pas d'effet nuisible quand la fréquence est aussi rapide tandis qu'à une moindre fréquence l'effet serait certainement très dangereux.

L'absence de danger est dû à la rapidité des alternances, car d'après l'opinion et « les expériences involontaires » de l'auteur, la même quantité d'énergie est d'autant moins dangereuse que la fréquence est plus rapide. Les tissus du corps humain agissent comme des condensateurs.

« Electrical World », 21 fév. 1891, p. 128.

Un peu plus tard, le 20 mai 1891, dans un mémoire lu à l'Institut Américain des Ingénieurs-Electriciens à New-York,

TESLA prouve les effets physiologiques des courants alternatifs de très haute fréquence.

« Si l'on prend en main un morceau de fer au voisinage d'une électro-aimant, d'abord en partant de lentes alternances et s'élevant aux plus hautes, on sent les impulsions se succéder de plus en plus vite jusqu'à s'affaiblir de plus en plus et à disparaître finalement; on éprouve alors une sensation constante qui sans doute ne l'est point et le paraît seulement à cause de l'imperfection de notre toucher.

Qu'on établisse un arc entre deux électrodes et qu'on fasse croître les alternances, le choc qui accompagne l'arc alternatif s'élève de plus en plus, s'affaiblit graduellement et finit par disparaître, les vibrations de l'air continuent naturellement de se produire, mais elles deviennent imperceptibles pour notre oreille.

Pour éviter un malentendu en ce qui concerne les courants alternatifs de très haute fréquence, ajoute TESLA, il est nécessaire d'établir que c'est un fait indéniable qu'ils sont incomparablement moins dangereux que ceux de basse fréquence, mais il ne faut pas les imaginer sans danger.

Et ce qui veut d'être dit se rapporte uniquement aux courants d'une bobine primaire de haute tension qui sont nécessairement très faibles, pour ceux d'une machine ou d'un circuit secondaire de basse résistance ils produisent des effets plus ou moins puissants et peuvent causer un mal surtout lorsqu'on se sert en même temps de condensateurs ».

TESLA. 20 mai 1891.

*Conférence au Columbia Collège N. Y.*

Nous remarquons que dans sa première communication (21 février 1887) TESLA signale simplement que pour de très hautes fréquences les courants alternatifs sont sans danger pour l'organisme.

Ce n'est qu'en mai 1891 qu'il pourra préciser l'influence de la fréquence : « à partir de lentes alternances jusqu'aux plus hautes, etc... ».

ARTICLE II

**E. THOMSON CONTESTE A TESLA LA PRIORITE  
DE SES DECOUVERTES.  
LES EXPERIENCES DU DOCTEUR EDWARD TATUM**

En Amérique, ces premières publications suscitent une polémique entre E. THOMSON et TESLA.

E. THOMSON rappelle que le Docteur E. TATUM, quelque temps auparavant, avait fait les mêmes remarques que le physicien TESLA sur les effets physiologiques de ces nouveaux courants.

Le Docteur E. TATUM, dans ses recherches sur le mécanisme de la mort dans l'électrocution pénale, se servait d'un alternateur réalisé par E. THOMSON. Cet appareil possédait 100 armatures, pouvait tourner à 5.000 tours à la minute et atteindre jusqu'à 800 alternances à la seconde.

Dans un article de « l'Electrical World » en date du 14 mars 1891, répondant à la première publication de TESLA (21 février 1891), E. THOMSON rapporte une lettre de son ami E. TATUM écrite le 23 décembre 1890.

L'auteur de la lettre mentionne quelques-unes de ses expériences faites au Laboratoire de l'Université de Pensylvanie : Au cours de ses expériences avec l'alternateur de E. THOMSON, le Docteur TATUM avait remarqué que : « plus la fréquence était élevée, plus petit était l'effet produit sur l'animal en expérience, à 4.500 alternances à la seconde, le courant nécessaire pour tuer un chien était vingt fois plus fort qu'avec une alternance de 120; le même effet était observé, bien qu'à un moindre degré, lorsque l'alternance atteignait 300 à la seconde ».

La cause de la douleur dépendait surtout de la contraction musculaire et les nerfs cutanés étaient moins douloureusement atteints à un rythme plus élevé, et TATUM concluait que les

courants à alternances rapides étaient probablement « *moins dangereux* » que ceux de basse fréquence.

« *Electrical World* », 14 mars 1891, p. 204-214.

Bien qu'ayant conçu la possibilité d'obtenir par l'effluation « une sorte de massage de la peau et une élévation de la température locale », TESLA ne cherche pas à pénétrer plus avant dans le domaine biologique des courants de haute fréquence.

En effet, dans un article du 23 décembre 1891, dans la revue « *Electrical Engineer* » TESLA dit avoir reçu des lettres de nombreux médecins lui demandant plus amples explications sur les effets physiologiques des courants de haute fréquence.

TESLA rappelle qu'il a montré qu'un corps parfaitement isolé dans l'air peut être chauffé en le reliant simplement à une source alternative de haute fréquence :

« L'échauffement est alors produit par le bombardement du corps soit par l'air, soit peut-être par quelque autre milieu dont la constitution est moléculaire ou atomique et dont la présence échappe jusqu'à l'analyse ».

Ce n'est, d'après TESLA, qu'une question de grandeur ou de modèle d'appareil pour réaliser l'échauffement voulu. TESLA se demande si avec un appareil convenable un médecin habile ne pourrait trouver là un procédé habile de traitement pour différentes maladies.

L'échauffement serait « naturellement superficiel », c'est-à-dire sur la peau et se produirait la personne étant couchée ou debout et vêtue d'épais vêtements ou nue.

Sans anticiper sur les résultats que l'expérience et l'observation feraient réaliser, TESLA garantit que l'échauffement se produirait par ce procédé en soumettant le corps humain au bombardement par les courants alternatifs de très haut potentiel.

## LES CONFERENCES DE TESLA (1891-1892).

TESLA, invité par les diverses sociétés savantes, tint plusieurs conférences en Amérique et en Europe.

Ses expériences sur les propriétés extraordinaires des courants de haute fréquence suscitaient la curiosité universelle, présentées avec habileté elles semblaient ouvrir aux physiciens et aux physiologistes des voies nouvelles dans un domaine encore peu exploré. L'attention du grand public était attirée et le succès de TESLA fut considérable.

En France, pour la première fois, le 19 février 1892, devant la Société de physique et la Société Internationale des Electriciens réunis en séance extraordinaire, l'éminent physicien présente ses expériences.

Au milieu de la séance et suivant l'expression de TESLA, pour éviter la monotonie, le conférencier prenait en main deux boules de cuivre et touchait par leur intermédiaire les deux pôles de la bobine de haute fréquence, il supportait ainsi à travers son corps le potentiel de 70.000 volts développé par une bobine de 9.000 ohms. Ce n'était certes pas l'un des moins curieux effets des énormes fréquences de rendre inoffensifs pour le corps humain des courants dont le danger n'était que trop connu lorsqu'il s'agissait de fréquence relativement basse. Et l'expérimentateur avouait à son auditoire qu'il n'avait point fait l'expérience, la première fois, sans éprouver l'appréhension d'un homme qui se jette du haut d'un pont.

TESLA semblait ainsi apporter quelque chose d'entièrement nouveau pour les physiologistes !

### ARTICLE III

## N. TESLA INNOVATEUR EN PHYSIOLOGIE ! FONDATEUR DE LA D'ARSONVALISATION !

Nous verrons un peu plus loin toute la portée des découvertes du physicien américain qui, inspiré des recherches de HERTZ et BLONDLOT, allait créer une technique nouvelle de

production des oscillations de haute fréquence par étincelles; mais en nous montrant que les courants de haute fréquence étaient sans danger pour le corps humain, l'habile expérimentateur était-il vraiment novateur ?

Dans un livre récent édité à l'occasion de la fondation de « l'Institut Tesla » à Belgrade (1937), TESLA nous apparaît comme le véritable fondateur de la « d'Arsonvalisation et de la Diathermie », le premier il nous aurait signalé les propriétés physiologiques des courants de haute fréquence, le premier il aurait songé à leur utilisation en médecine et le physiologiste français D'ARSONVAL aurait été inspiré par ses expériences.

Nous reproduisons ici quelques extraits de cet ouvrage <sup>(1)</sup> :

« TESLA a trouvé les effets physiologiques des courants de haute fréquence, ce qui fut très surprenant pour le temps. Il a montré que les courants considérables à haute fréquence peuvent traverser le corps humain et qu'ils n'y produisent que la chaleur inoffensive.

« Déjà en 1891, il a remarqué que l'on pourrait utiliser cette propriété pour les courants nouveaux. C'est ainsi que TESLA est devenu « *le fondateur* » de cette méthode physiatrique si importante connue aujourd'hui sous le nom de diathermie et de « d'Arsonvalisation... ».

M. le Prof. Dr A. ZAEK, p. 466.

Le Professeur STIPETICH, de l'Université de Zagreb, un peu plus loin nous dit :

« ... les résultats des découvertes de TESLA ont étonné le monde entier..., les courants de haute fréquence — les courants TESLA — ont aussi une application pratique dans la médecine. Et c'est toujours lui qui « *le premier* » fit attention à la force curative de ces courants... », p. 75.

Enfin, M. Slavko BOKCHAN n'est pas moins catégorique :

« TESLA, nous dit-il, découvrit que les courants alternatifs

(1) « Nikola Tesla » à l'occasion de son 80<sup>e</sup> anniversaire, 1936-1937. Livre édité par la Société pour la Fondation de l'Institut Nikola TESLA à Belgrade.

de haute fréquence ne présentent pas de danger pour l'organisme, qu'ils le chauffent très sensiblement mais sans lésion aucune.

« Le physiologiste français D'ARSONVAL ayant utilisé en 1891 l'appareillage de TESLA dans le but d'appliquer les courants de haute fréquence à la médecine, avait fait cette constatation. Selon lui il y était arrivé alors qu'il travaillait avec l'appareillage de Hertz, mais il parvint à des résultats plus remarquables lorsqu'il se servit de l'appareillage de TESLA ».

« Il faut dire ici que la première publication que fit à ce sujet le Dr D'ARSONVAL ne date que d'avril 1892 (*Bull. de la Société Int. des Electriciens*).

« En ce qui concerne les applications pratiques des courants C. H. F., TESLA a d'abord indiqué leur application en thérapeutique et c'est ce que l'on trouve aujourd'hui dans les traités d'Electrologie sous le nom de d'Arsonvalisation et de diathermie.

« C'est sans contredit TESLA qui « le premier », a parlé de la possibilité d'utiliser ces courants de H. F. en médecine ». (Page 310).

Ainsi, TESLA serait-il « le véritable fondateur de la « d'Arsonvalisation » et de la diathermie » !

#### ARTICLE IV

### UNE ERREUR DE DATE !

Nous soulignons tout de suite cette affirmation erronée de M. Slavko BOKCHAN au sujet de la prétendue première publication de M. D'ARSONVAL qui ne daterait que d'avril 1892 (*Bull. S. I. des Electriciens*).

L'erreur nous paraît d'autant plus inexcusable que dans cette Conférence du 6 avril 1892 l'auteur, à titre historique, présente un extrait de « sa première communication » à la société de Biologie en date des 24 février, 2 mai et 25 avril 1891.

Dans cette conférence de 1892 « sur les effets physiologiques de l'état variable en général et des courants alternatifs en particulier », D'ARSONVAL s'exprimait ainsi : « ... En 1890 je songeais à employer le résonateur de Hertz, capable de fournir des fréquences que je n'avais jamais osé rêver, je vis alors que les nerfs et les muscles étaient complètement inexcitables par les étincelles de cet appareil...

« J'exposai ces résultats dans mon cours au Collège de France en 1890, j'en parlai à la Société de Biologie dans mes communications orales (24 fév. 1891) et dans des communications écrites, les 25 avril et 2 mai 1891, en émettant des hypothèses pour expliquer ces faits. Puis vint l'importante communication de M. TESLA faite à New-York le 23 mai 1891. Cet habile expérimentateur arrivait incidemment, pour les effets physiologiques, à des conclusions identiques aux miennes, mais en mettant en œuvre des moyens incomparablement plus puissants ».

Et ceci :

*« Je vous demande la permission de mettre sous vos yeux à titre de document historique un extrait de ma communication du 25 avril 1891 à la Société de Biologie... ».*

Et le conférencier reproduit sa mémorable publication du 24 février, 25 avril et 2 mai 1891... (Voir chap. VI, p. 45).

## ARTICLE V

### **PRIORITE INCONTESTABLE DU PHYSIOLOGISTE FRANÇAIS DECOUVRANT EN DECEMBRE 1890 LA LOI D'INEXCITABILITE NEURO-MUSCULAIRE AUX HAUTES FREQUENCES OU "LOI D'ARSONVAL".**

Après ce que nous avons dit des expériences de D'ARSONVAL et ce que nous venons de voir au sujet de TESLA, nous ne sau-

rions laisser dire en France, malgré toute notre grande admiration pour le physicien américain TESLA, qu'il est le « fondateur de la d'Arsonvalisation et de la diathermie », que ses expériences ont inspiré le physiologiste français, alors que ce dernier a seul prévu, démontré et expliqué, avant TESLA, cette loi d'inexcitabilité, base de toutes les applications thérapeutiques des courants de haute fréquence.

En effet, *c'est en décembre 1890* que l'éminent physiologiste D'ARSONVAL démontrait officiellement au Collège de France la loi de l'inexcitabilité neuro-musculaire pour les courants de haute fréquence ; la découverte de cette loi que le Docteur FISCHGOLD (1938) (1) appelle « *le phénomène de d'Arsonval* » était l'aboutissant naturel de recherches poursuivies depuis 1880.

Car dès 1888, comme nous l'avons vu, D'ARSONVAL avait remarqué avec la bobine de Ruhmkorff que l'excitation diminuait à partir d'une certaine fréquence et s'était même demandé si cette excitation n'allait point disparaître complètement avec des fréquences plus élevées.

En 1889-1890, son alternateur de 10.000 fréquences à la seconde lui permet d'annoncer la loi qui sera bientôt confirmée par ses expériences avec l'oscillateur de Hertz en décembre 1890. La loi est déjà expliquée en France (1890) alors qu'elle étonne l'Amérique (1891).

Ainsi, les travaux de l'élève de Claude BERNARD forment un tout si complet, s'enchaînant si parfaitement sur cette question de « l'inexcitabilité » que pour celui qui en a suivi toutes les étapes successives le résultat final semble tout naturel.

Par contre le physicien américain TESLA, que ses études antérieures n'avaient point préparé, semble arriver tout à fait incidemment « *par surprise* », comme il le dira lui-même en mai 1891, plusieurs mois après D'ARSONVAL, à une loi — résultat accessoire de ses recherches — qu'il ne pouvait point prévoir, qu'il n'a pas prévue et qu'il lui sera dès lors difficile d'expliquer :

(1) Voir *Traité d'Electroradiothérapie* en 2 volumes, par L. DELHERM et A. LAQUERRIÈRE 1938. Tome I « *d'Arsonvalisation* », par A. FISCHGOLD. Masson, éditeur.

« L'étude de ces courants de haute fréquence, nous dit-il, est intéressante, presque chaque expérience apprend quelque chose de nouveau, plusieurs résultats peuvent être prévus, mais la plupart sont « *inattendus* » (ceci est écrit en mai 1891) et l'expérimentateur fait de « curieuses constatations ».

Par exemple :

« On prend en main un morceau de fer au voisinage d'un électro-aimant en partant de lentes alternances et s'élevant aux plus hautes, on sent les impulsions se succéder de plus en plus vite jusqu'à s'affaiblir de plus en plus et disparaître complètement ».

(TESLA : Conférence N.-York, 20 mai 1891.)

Comme le disait avant nous un savant contemporain HOSPITALIER (avril 1892) :

« *Le problème de l'action physiologique des courants de toutes les fréquences était résolu en France par M. D'ARSONVAL bien avant les communications de M. TESLA* ».

C'est du reste ainsi qu'en a jugé l'Académie des Sciences en attribuant à l'unanimité le prix La Caze (1893) à M. D'ARSONVAL.

Un peu plus tard, en 1899, un autre contemporain, le professeur Maurice BENEDICT, de Vienne, écrivait dans le « *Wiener Medizinischen Wochenschrift* : « *Le successeur de Claude BERNARD à Paris, M. D'ARSONVAL, a communiqué en 1889 par diverses lectures au Collège de France et notamment en avril et février 1891 à la Société de Biologie, ses découvertes sur les actions physiologiques des courants à haute fréquence, tandis que le physicien autrichien TESLA, qui réside en Amérique, a rendu publique la découverte dudit courant* ».

Quand les physiciens marchent sous la bannière de TESLA, les médecins ont toute raison de rendre grâce à M. D'ARSONVAL et d'autant plus que malgré Elihu THOMSON, la forme que les inventeurs français et mécaniciens français ont donnée à l'appareil est la seule pratique pour les physiologistes et les médecins ».

Enfin, le professeur D'ARSONVAL lui-même, en avril 1897,

au cours d'une conférence faite à la Société Internationale des Electriciens, s'exprimait ainsi :

« Ce n'est point pour sacrifier à la mode que j'ai étudié l'action physiologique des hautes fréquences. Cette étude arrivait tout naturellement comme conséquence des recherches que je poursuis depuis 1878 sur le mécanisme de l'excitation électrique des nerfs et des muscles.

J'ai commencé, en effet, à définir quels étaient les facteurs de l'excitation dans le cas d'une excitation unique. Dans ce cas j'ai montré l'influence capitale de la forme de l'onde électrique que j'ai appelée « caractéristique d'excitation ».

J'ai poursuivi mes recherches en me demandant ce que deviennent les phénomènes d'excitation neuro-musculaires lorsqu'on augmente indéfiniment le nombre des excitations électriques dans l'unité de temps. Je me suis d'abord servi d'un alternateur mécanique décrit brièvement dans ma communication de 1892, pouvant donner jusqu'à 10.000 alternances par seconde.

Dès 1889-1890 j'ai montré dans mon cours au Collège de France qu'à mesure que croît le nombre d'excitations, l'action sur le système neuro-musculaire augmente également pour atteindre rapidement un maximum. Si on continue à augmenter la fréquence des excitations, l'action sur l'organisme va au contraire en diminuant. Mais je ne pus supprimer complètement tout phénomène d'excitation sur le nerf avec l'alternateur en question. *Ce n'est qu'en décembre 1890 que j'atteignis ce résultat.*

*Je pus ainsi étudier complètement l'action physiologique des hautes fréquences et ces résultats étaient exposés au fur et à mesure, dans mes leçons du semestre d'hiver 1890-1891 au Collège de France. Je les communiquai un peu plus tard (24 février-25 avril 1891) à la Société de Biologie.*

*Si je rappelle ces dates, c'est simplement pour montrer que la publication de TESLA, qui fut faite seulement le 23 mai 1891 à New-York, n'a été pour rien dans mes recherches ».*

D'ARSONVAL, *Société Int. des Electriciens*, avril 1897.

C'est encore dans un ouvrage tout récent — mai 1938 — « *Ultrakurzwellen in ihren Medizinisch- Biologischen Anwendungen* », (page 2), que sous la signature du Professeur RAJEWSKY, de Francfort, nous empruntons cet hommage rendu en Allemagne « *au premier chercheur* », le Professeur D'ARSONVAL :

« L'idée d'utiliser les ondes électriques de haute fréquence dans le but d'obtenir des effets biologiques, était déjà née quelques années après la découverte des Ondes Hertziennes. D'ARSONVAL « *fut le premier* » en 1891 à entreprendre des essais dans ce sens, d'abord avec de très petites ondes, ensuite avec des ondes plus longues (600 mètres). TESLA *vint ensuite* et utilisa d'une façon essentiellement analogue à D'ARSONVAL les courants de très haute fréquence.

« *C'est à D'ARSONVAL que revient le mérite d'avoir conduit les premiers travaux* », précise dans ce même traité le Professeur SCHLIEPHAKE (page 250).

Nous ne saurions mieux conclure « sur ce point d'histoire » que ne le fait le Docteur CHAUVOIS, dans son admirable livre « *D'ARSONVAL, 65 ans à travers la science* » :

« TESLA, par des communications et répétitions de ses expériences à New-York d'abord, puis en Europe, crût apporter une nouveauté sensationnelle dont, d'ailleurs, n'étant pas physiologiste, il ne s'expliquait pas la nature.

Or, déjà depuis l'hiver précédent, M. D'ARSONVAL, étudiant dans son enseignement au Collège de France avec l'oscillateur primitif de HERTZ, ces courants appliqués à l'organisme, en avait révélé la propriété qui étonnait l'Amérique, mais qui cadrerait si bien avec ce que tous ses travaux à lui, D'ARSONVAL, lui avaient depuis longtemps déjà permis de prévoir et d'annoncer, à savoir : l'insensibilité totale des nerfs et des muscles pour des courants alternatifs dont la fréquence deviendrait illimitée. « Et dès avant la communication de TESLA, M. D'ARSONVAL avait acquis rang incontestable de priorité sur le fait physiologique de H. F. présenté outre-mer ».

## CHAPITRE VIII

### ARTICLE PREMIER

## LE MERITE DES EXPERIENCES DE TESLA

Si les publications de TESLA n'ont été pour rien dans les recherches du physiologiste français, nous devons dire cependant que ces expériences qui étaient faites en Amérique, tout en nous montrant la série des effets lumineux des courants haute fréquence, eurent l'avantage immense de nous donner des générateurs plus puissants, de nous faire voir tout le profit qu'on pouvait espérer tirer de cette forme de l'énergie électrique si souple dans ses manifestations.

En 1892 D'ARSONVAL, alors au courant des travaux de TESLA, démontre que la loi générale qu'il a formulée depuis 1890 s'applique toujours pour les très hauts voltages, et les grandes énergies que les appareils de l'ingénieur américain permettaient alors d'obtenir.

Au cours de ses expériences, TESLA combina d'abord un alternateur spécial pouvant donner de 1.000 à 2.000 alternances par seconde.

Le courant de cet alternateur passait dans le circuit primaire d'une petite bobine d'induction parfaitement isolée et plongeant dans l'huile .

On recueillait aux deux bornes du circuit secondaire l'électricité sous de fortes tensions avec des alternateurs très rapides.

Dans une deuxième série de dispositifs, TESLA utilisait la

décharge de condensateur : Une machine alternative ordinaire à basse fréquence envoyait le courant dans le primaire d'une première bobine d'induction. Le courant fourni par le secondaire de cette bobine passait sous forme d'étincelles entre les deux boules métalliques d'un excitateur. Des condensateurs étaient également reliés aux boules de l'excitateur et à chaque décharge, prenaient naissance des oscillations électriques. Les courants oscillatoires traversaient le primaire d'une deuxième bobine d'induction, sans fer, et isolé dans l'huile. On obtenait ainsi un chiffre très élevé d'alternances et un voltage très élevé. C'est à un montage de ce genre perfectionné par ELIHU-THOMSON (qui l'avait utilisé en circuit fermé) que D'ARSONVAL a recours pour avancer ses nouveaux travaux pour lesquels l'utilisation directe du Hertz était d'une puissance insuffisante :

*« Toutes les expériences de 1890 sont ainsi reproduites avec les appareils plus puissants de TESLA-THOMSON qui confirment les résultats précédents ».*

## ARTICLE II

### L'APPAREIL DE SECURITE HAUTE FREQUENCE D'ARSONVAL

Mais bientôt D'ARSONVAL reconnaît que l'appareil préconisé par TESLA-THOMSON peut devenir accidentellement « *une source de danger* » pour l'individu placé sur la dérivation directement prise sur le solénoïde haute fréquence.

Inspiré par les expériences de LODGE à propos des paratonnerres, D'ARSONVAL réalise alors un nouveau montage sans danger dit « *Montage de sécurité haute fréquence* ».

Les armatures internes de deux bouteilles de Leyde montées en cascade étaient reliées à une source de haut poten-

tiel; un solénoïde réunissait les armatures externes. Des armatures internes portaient deux tiges terminées par des boules et un courant extrêmement énergétique prenait ainsi naissance dans le solénoïde.

Voici la description donnée par D'ARSONVAL : « Soit A A'

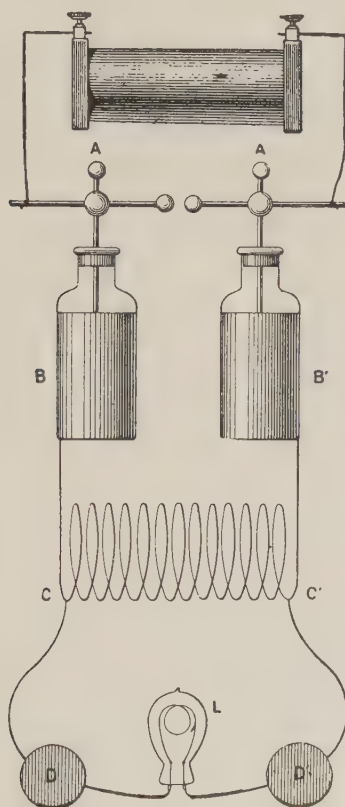


FIG. 9

les armatures internes de deux bouteilles de Leyde montées en cascade. Ces armatures sont réunies à une source d'électricité à haut potentiel (machine de Holtz, bobine de Ruhmkorff ou transformateur). Les armatures externes B B' sont réunies entre elles par un solénoïde C C' composé d'un gros

fil de cuivre faisant 15 à 20 tours. Chaque fois qu'une étincelle pari en A A' un courant oscillant extrêmement énergétique prend naissance dans le solénoïde à un tel point qu'en prenant comme pôles ses extrémités C C' on obtient un courant qui peut allumer au blanc une forte lampe à incandescence L tenue entre deux personnes D D'.

L'étincelle qu'on obtient entre C C' est beaucoup plus longue que celle qui éclate entre A A'. Cela tient à ce que dans ce cas la décharge des armatures extérieures B B' se fait d'une manière « soudaine », tandis que celle des armatures internes est « préparée », la différence de potentiel entre les boules allait en croissant jusqu'à ce que l'étincelle éclate.

Dans ces conditions, la résistance du solénoïde C C' joue un rôle secondaire tandis que la self induction devient prépondérante. On peut rapprocher les effets produits par les décharges très brusques, de deux donnés en mécanique par les forces instantanées ainsi que le fait remarquer très judicieusement M. JOUBERT.

Placez un bloc de coton poudre sur une plaque d'acier ; il brûle lentement si on l'allume, il brise au contraire la plaque si on le fait détonner au moyen de fulminate de mercure. La même énergie pourtant a été mise en jeu dans les deux cas, mais dans le second la pression développée par les gaz est tellement soudaine que la résistance de l'air devient comparable à celle de l'acier. C'est la différence qui existe dans l'appareil décrit ci-dessus entre la pression électrique développée « graduellement » en A A' soudainement au contraire en C C' au moment où la bouteille se décharge.

Si l'on veut augmenter la tension du courant, il suffit de plonger dans le solénoïde une bobine comprenant un plus grand nombre de tours. Cette bobine est logée dans un tube de verre plein d'huile qui l'isole complètement. On obtient ainsi facilement un torrent d'étincelles de 15 à 20 cm. de longueur ».

D'ARSONVAL

« Titres et Travaux scientifiques ».

## L'ABSENCE DE DANGER DE L'APPAREIL D'ARSONVAL.

Nous ferons remarquer comment ce « nouveau montage à la D'ARSONVAL » allait permettre l'utilisation sans danger des courants de H. F. appliqués à l'organisme « seule forme pratique d'appareil pour physiologistes et médecins », dira BÉNÉDICT.

En effet, nous savons que si l'on applique une différence de potentiel trop forte aux deux armatures d'un condensateur une décharge peut éclater entre elles et l'isolant.

Les étincelles se succèdent alors aux endroits perforés puisque l'isolant y est remplacé par de l'air de moindre « rigidité diélectrique » le condensateur est alors inutilisable.

Dans le dispositif Tesla-Thomson, s'il vient à se produire un « claquage » du condensateur, les oscillations de hautes fréquences se trouvent pratiquement supprimées et l'individu placé en dérivation sur le solénoïde se trouve directement relié à la basse fréquence (dangereuse).

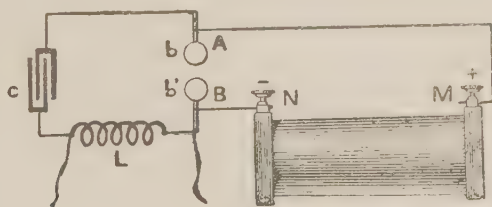


FIG. 10  
Dispositif TESLA-THOMSON

Dans le montage d'Arsonval les deux bouteilles de Leyde sont réunies en cascade, ce qui fractionne la différence de potentiel et réduit le risque de rupture de l'isolant. De plus il est peu probable que les deux condensateurs claquent simultanément.

Si les deux condensateurs sont « claqués » il n'y a plus de Haute Fréquence. Le patient sera encore protégé, son corps est court-circuité par la bobine dont l'impédance est très fai-

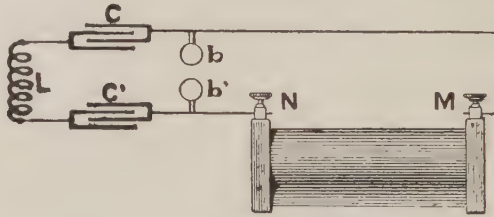


FIG. 11

Dispositif D'ARSONVAL

ble en basse fréquence et n'est traversé que par un courant inoffensif de très petite intensité.

# DEUXIEME PARTIE

## L'EDIFICATION

### DE LA HAUTE FREQUENCE MEDICALE

#### CHAPITRE PREMIER

*Article I.* — RÉALISATIONS INSTRUMENTALES ET MÉTHODES D'APPLICATIONS :

- A. Application directe ou par dérivation.
- B. Autoconduction (solenôïde d'Arsonval).
- C. Condensation (Le lit condensateur d'Arsonval).

*Article II.* — LES DÉCOUVERTES DE OUDIN : Résonateur Oudin.  
LA BOBINE BIPOLAIRE DE D'ARSONVAL.  
Applications locales.

*Article III.* — LES PREMIERS APPAREILS DE MESURE ET GRADUATION EN HAUTE FRÉQUENCE.

*Article IV.* — LES EFFETS PHYSIOLOGIQUES DES COURANTS DE HAUTE FRÉQUENCE :

- A. Muscles et nerfs (sensibilité générale).
- B. Vaso-moteurs.
- C. Respiration.
- D. Chaleur.
- E. Les Etres monocellulaires : b. pyocyanique, toxine diphtérique, venin de Cobra.

*Article V.* — PRÉSENTATION DES EXPÉRIENCES A L'ACADÉMIE DE MÉDECINE.

ARTICLE PREMIER

**REALISATION INSTRUMENTALE  
ET METHODES D'APPLICATION**

**A. — APPLICATION DIRECTE OU PAR DERIVATION.**

Nous allons assister dès maintenant à l'édification de la haute fréquence médicale. Nous allons voir comment D'ARSONVAL va créer successivement pour ces nouveaux courants « toute l'instrumentation, en formuler l'électrophysiologie et donner les bases les plus solides de leur application à l'électrothérapie ».

Voici comment D'ARSONVAL se sert de ces courants : Une des premières modalités d'application sera « *l'application directe ou par dérivation* ». Les courants de haute fréquence traverseront directement les tissus qu'on veut soumettre à leur application, le corps humain sera mis en communication matérielle avec la source électrique au moyen d'électrodes appropriées.

Nous savons que les courants de haute fréquence circulent dans le solénoïde qui fera partie de tous les appareils utilisés pour leur production. L'expérience nous apprend que, par suite de phénomènes de self-induction, le solénoïde offrira une très grande résistance au courant et que celui-ci préférera passer dans le circuit dérivé dont fera partie le patient soumis à « l'application directe ».

Ce phénomène est mis en évidence par une expérience de D'ARSONVAL qui place dans le circuit deux personnes tenant entre elles une lampe à incandescence. Cette lampe est allumée par le courant et les personnes ne sont nullement incommodées.

D'ARSONVAL soumis lui-même à l'expérience supporte jusqu'à trois ampères.

Pour électriser le sujet il suffira donc de le relier à deux points du solénoïde.

Voici la description de cette méthode par D'ARSONVAL (Société Biologie, 4 février 1893).

« Si on décharge une bouteille de Leyde au moyen d'un excitateur formé d'un gros fil de cuivre roulé en hélice, cette hé-

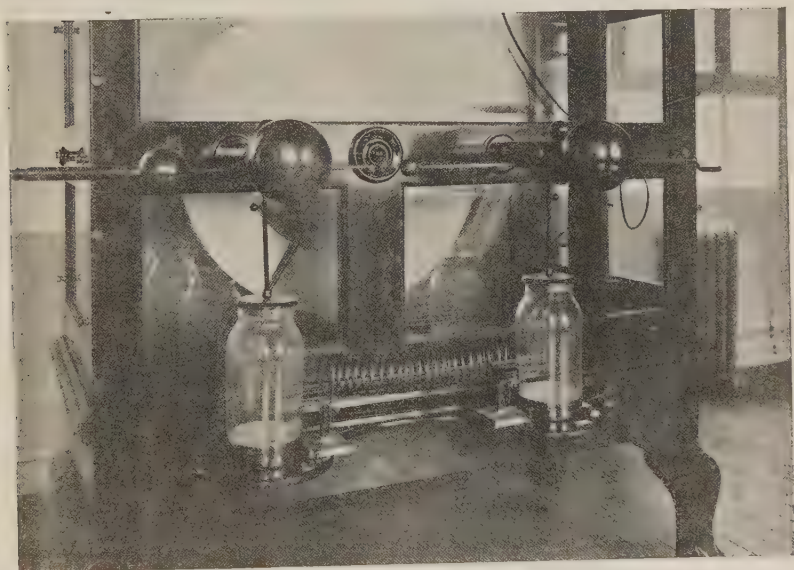


FIG. 12

Machine statique pourvue du montage d'ARSONVAL pour produire les courants de haute fréquence (1892).  
(Laboratoire d'ARSONVAL.)

lice est parcourue par des ondes électriques alternatives d'une fréquence extrême.

Les spires de l'hélice réagissent l'une sur l'autre au moment de la décharge et on obtient à ce moment des phénomènes d'autoconduction très énergiques. On donne naissance ainsi dans l'hélice à de véritables courants ayant une grande intensité.

Le courant dérivé est donc très intense, malgré cela, si on

fait passer ce courant à travers le corps humain, on ne sent absolument rien. Il n'a d'action ni sur la sensibilité ni sur la contractibilité. Pourtant ils traversent le corps comme je m'en assure en le faisant passer à travers le corps de deux personnes qui tiennent entre elles une lampe à incandescence, la lampe s'allume au blanc.

La bouteille de Leyde est chargée périodiquement par une forte bobine de Ruhmkorff.

(Soc. Biologie, 4 fév. 1893).

## **B. — L'AUTOCONDUCTION : LE SOLENOÏDE DE D'ARSONVAL.**

La puissance d'induction des courants de haute fréquence n'avait pas échappé à D'ARSONVAL au cours de ses expériences.

Ainsi, lorsqu'on approche du solénoïde haute fréquence, un circuit indépendant formé par exemple d'une seule spire de gros fil comprenant une lampe, on voit cette lampe s'allumer au blanc : c'est sur ce phénomène d'induction que sera basée une nouvelle modalité d'application des courants de haute fréquence, D'ARSONVAL lui donnera le nom « d'autoconduction ».

L'être en expérience sera alors complètement isolé de la source électrique. Les courants qui circuleront dans l'individu ne lui parviendront plus au moyen de conducteur, ils prendront naissance dans ses propres tissus jouant le rôle de circuit fermé sur lui-même.

A cet effet le sujet sera placé tout entier ou une partie seulement de son corps dans un champ magnétique oscillant de très haute fréquence.

Pour réaliser ce champ magnétique, il suffira de se servir d'un cylindre en matière isolante sur lequel on enroulera sur une ou plusieurs couches, un câble à lumière soigneusement isolé, formant en somme une sorte de solénoïde dans lequel sera placé le sujet à électriser.

Dans ces conditions, nous fait remarquer D'ARSONVAL, la puissance d'induction du solénoïde est vraiment étonnante :

Un homme placé à l'intérieur de ce solénoïde arrondit ses bras en tenant dans chaque main les extrémités d'une lampe à incandescence, le circuit formé par les bras est le siège d'un



FIG. 13

Induction dans le circuit formé par les bras en rond allumant entre les mains la lampe à incandescence (principe de la cage), décrit dans la note du 3 juillet 1893 à l'Académie des Sciences.

(Laboratoire d'ARSONVAL.)

courant assez puissant pour allumer cette lampe, le sujet cependant ne ressent aucune douleur ni aucun phénomène conscient.

Notre figure (13) représente le Prof. d'ARSONVAL se soumettant à l'expérience.

Nous verrons plus loin comment ce « solénoïde d'ARSON-

VAL » est revenu aujourd'hui à la mode avec les Ondes Courtes émises par la lampe triode ; KOWARSCHIK, DELHERM et FISCHGOLD l'utilisent pour les applications locales et l'Electropyrexie.

Dans le procédé d'auto-conduction de D'ARSONVAL, le sujet soumis à des variations de champ magnétique est parcouru par des courants de Foucauld, sa température centrale s'élève à peine, car, grâce aux phénomènes normaux de thermo-régulation, la chaleur développée est éliminée au fur et à mesure de sa production.

Dans les procédés modernes d'Electropyrexie à ondes courtes on utilise l'effet du champ électrique, l'organisme est parcouru par des courants plus puissants qui lui apportent plus de calories qu'il n'en perd, gagnant ainsi en vitesse les phénomènes de thermo-régulation.

Au sujet de cette méthode d'électrification dite « d'autoconduction », rappelons qu'à l'époque ODIARDI fit une réclamation de priorité à l'Académie des Sciences, prétendant qu'il avait déjà traité des malades par immersion dans un solénoïde, mais il ne s'agissait nullement dans ces applications de courant de haute fréquence.

LIPMANN, chargé du rapport, a établi que l'emploi du solénoïde était même antérieur à ODIARDI, mais que ce qui caractérisait la nouvelle méthode préconisée par D'ARSONVAL, ce n'était nullement l'emploi du solénoïde, mais la nature des courants utilisés.

C'est D'ARSONVAL qui, le premier, a employé les courants de haute fréquence de cette façon.

(C. R. Académie des Sciences, 3 juillet 1893).

### C. — CONDENSATION : " LE LIT CONDENSATEUR D'ARSONVAL ".

Une troisième modalité d'application dont D'ARSONVAL signalera aussi immédiatement les effets intéressants sera la mise du corps en « condensation ».

Ce procédé consiste à placer le sujet dans des conditions telles qu'il constitue l'une des armatures d'un condensateur.



FIG. 14  
Montage du lit condensateur.

Le patient sera placé sur un lit ou un simple fauteuil recouvert d'une lame métallique en plomb, zinc ou étain qui est relié à l'une des extrémités du solénoïde haute fréquence.

Entre le malade et la chaise longue se trouve interposé un matelas isolant en crin par exemple. Enfin le sujet en traitement sera relié par des contacts quelconques (fixés ou non au meuble que l'on emploie), à l'autre extrémité du solénoïde ou à un point intermédiaire.

On remarque que l'ensemble de ce système constitue un condensateur, les deux armatures étant représentées l'une par le malade, l'autre par la lame métallique, le matelas représente le diélectrique.

*Ainsi l'Electrothérapie de l'organisme entier par condensation que certains regardent aujourd'hui comme une nouveauté, avait été réalisée par D'ARSONVAL dès 1893.*

L'expérience suivante donne très bien le schéma de l'application par condensation :

Une lampe à incandescence est reliée au solénoïde par un seul fil. Si on la prend dans la main et surtout si l'on approche l'autre main de l'extrémité opposée de la spirale, la lampe brille d'un vif éclat. Dans ces conditions, le filament joue le rôle d'armature interne, le verre celui de diélectrique et la peau moite constitue l'autre armature.

ARTICLE II

**LES DECOUVERTES DE OUDIN :  
LE RESONATEUR OUDIN  
APPLICATIONS LOCALES :  
EFFLUVES - ETINCELLES - AIGRETTES**

D'ARSONVAL avait pu obtenir une action thérapeutique locale en utilisant le courant pris directement sur le solénoïde de l'appareil producteur : un excitateur était relié à l'une des extrémités du solénoïde et on obtenait des étincelles comparables à celles d'une machine statique. On pouvait augmenter la puissance de l'étincelle en reliant l'autre extrémité de la spirale au sol ou au malade.

Cependant ces applications étaient « *douloureuses* », l'effluve très nourri ayant une longueur très voisine de celles de l'étincelle, il était difficile d'utiliser exclusivement l'un ou l'autre.

Dès 1893, aux méthodes préconisées par D'ARSONVAL, OUDIN en élevant la tension des courants de haute fréquence avec son « résonateur » allait nous donner un moyen d'application renforcé de ces courants.

La contribution personnelle apportée par OUDIN dans la thérapeutique par la haute fréquence ouvrira des possibilités nouvelles et nombreuses dans le domaine des applications locales.

Pour augmenter la différence de potentiel du courant produit par la décharge oscillante des condensateurs, on induisait jusqu'alors un courant secondaire dans une bobine à fil fin isolée dans l'huile et concentrique au solénoïde.

OUDIN eut l'idée de recourir aux phénomènes de « résonance » pour obtenir cette élévation de tension.

## PRINCIPE DU RESONATEUR OUDIN.

Nous connaissons les phénomènes de résonance en acoustique : HERTZ le premier avait signalé des phénomènes analogues avec les vibrations électriques, et ayant construit son excitateur ou vibreur donnant des oscillations très rapides imagina sous le nom de « résonateur » un circuit induit formé par un simple fil de cuivre replié sur lui-même et terminé par deux boules très voisines.

Cet appareil de capacité et de self induction très faible peut être construit de telle façon que sa période propre coïncide avec la période du vibreur. Dans ces conditions, le résonateur entre en vibration et donne des étincelles dès que l'excitateur devient lui-même le siège d'oscillations.

C'est sur ce principe que OUDIN réalise son résonateur. « Si, dit-il, à l'un des pôles du solénoïde on attache une des extrémités d'une bobine secondaire de dimensions déterminées, à son autre extrémité on voit apparaître un effluve puissant qui entoure même les dernières spires du fil, et si l'on approche un corps conducteur, il part d'entre les deux une pluie d'étincelles dont la longueur peut être beaucoup plus considérable que celle du solénoïde primaire ».

OUDIN constata en effet que seule importait la longueur du fil de la bobine secondaire et que c'était le rapport entre la capacité et la self induction de la bobine d'une part, et celle du solénoïde primaire d'autre part, qui devait être constant.

## DESCRIPTION DU RESONATEUR.

Le « résonateur » OUDIN est formé de deux circuits enroulés l'un à la suite de l'autre sur une bobine verticale.

Le solénoïde inférieur est relié par son extrémité libre à l'armature externe d'un condensateur, un deuxième condensateur peut être mis en communication par son armature

externe au moyen d'une glissière avec les spires successives de l'enroulement.

Le simple déplacement de cette glissière permet de régler à volonté la valeur du potentiel à l'extrémité libre de l'appa-

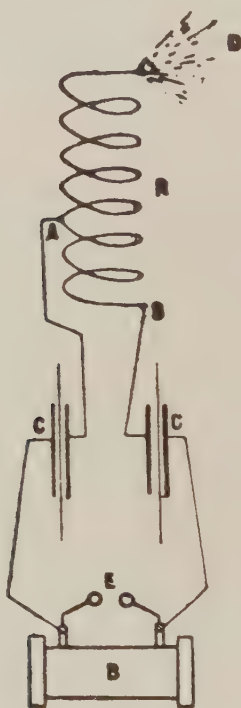


FIG. 15

*Résonateur de OUDIN*

- B. Bobine.
- E. Eclateur.
- C. C. Condensateurs.
- R. Résonateur.
- A. Point mobile d'amenée du courant.
- D. Effluve.

reil et de graduer les effets d'aigrettes et d'étincelles qui s'échappent de l'extrémité libre.

Le potentiel aura sa valeur maxima quand les deux circuits seront en accord parfait.

En réalité, le modèle présenté par OUDIN constitue un « inducto-résonateur » par suite de la superposition des deux solénoïdes, le primaire étant sur le prolongement du solénoïde de résonance, il s'ajoute au phénomène de résonance un phénomène d'induction.

OUDIN se servit d'abord de son « résonateur » pour produire de l'Ozone qu'il expérimentait en médecine. Au cours de ses

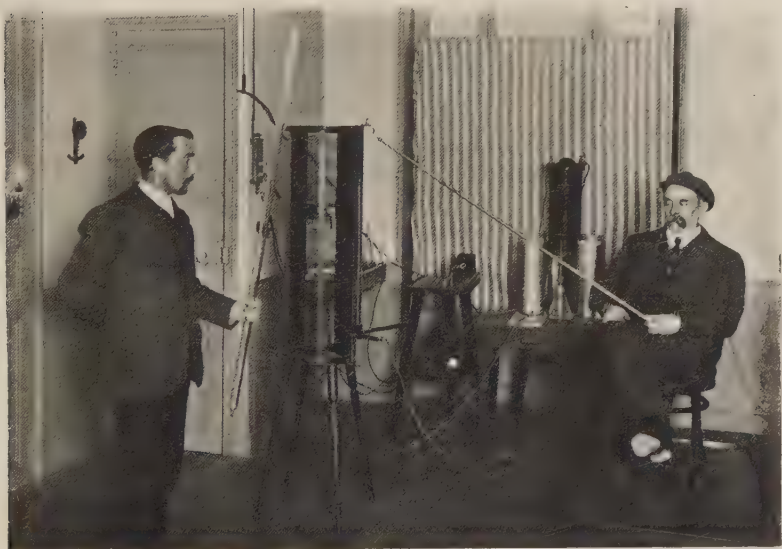


FIG. 16

D'ARSONVAL se soumet au bain de haute fréquence.  
Sur un tabouret à pieds isolants, il est relié au pôle supérieur  
du résonateur de Oudin.

(Laboratoire D'ARSONVAL.)

expériences, il avait remarqué que les étincelles produites par son appareil étaient peu douloureuses, comparables à celles d'une machine statique sans condensateur, l'effluve très nourri et puissant donnait une sensation de picotement avec rubéfaction de la peau.

OUDIN enrichi encore l'instrumentation grâce à son « élec-

trode condensatrice » facilitant les applications de l'étincelage à haute tension.

Ainsi les découvertes de OUDIN allaient grandement faciliter les applications locales des courants de haute fréquence, sous l'influence de la haute tension « du résonateur », les effets d'effluves, aigrettes ou étincelles étaient devenus très supportables pour le patient.

Le « bain de résonance » où le malade est assis sur un tabouret isolant, relié à l'extrémité libre du résonateur est encore une application des « courants de Oudin ».

### **LA BOBINE BIPOLAIRE D'ARSONVAL.**

Dans la suite d'ARSONVAL fit construire par la Maison Gaiffe une bobine bipolaire « à haute tension »; sur un cylindre isolant étaient enroulées les spires du fil induit faisant un assez grand nombre de tours; autour de lui et à une certaine distance se trouvaient maintenues quatre spires d'un gros fil inducteur, portées par un support isolant susceptible de coulisser parallèlement à la bobine induite.

### **ARTICLE III**

## **LES PREMIERS APPAREILS DE MESURE ET GRADUATION EN HAUTE FREQUENCE**

Cette instrumentation sera encore complétée par d'ARSONVAL qui nous donnera les premiers appareils de mesure et de graduation de ces courants de haute fréquence.

Pour un courant constant l'intensité est représentée par la quantité d'électricité qu'il transporte en une seconde.

La force électro-motrice variant à chaque instant pour un courant alternatif on ne peut considérer que l'intensité maxima ou l'intensité efficace.

L'intensité maxima correspond à celle d'un courant constant qui aurait pour un même circuit la même force électromotrice que la force électromotrice maxima du courant alternatif.

« L'intensité efficace » est l'intensité que devrait avoir un courant constant pour produire dans le même temps et dans le même circuit une quantité de chaleur égale à celle que fournit le courant alternatif considéré.

C'est cette « *intensité efficace* » que mesurera D'ARSONVAL en mesurant la flèche prise par fil tendu en ligne droite. La décharge allonge ce fil en le chauffant plus ou moins et cet allongement est mesuré par la flèche qui prend son milieu.

Dans ce but, il suspend au milieu du fil tendu horizontalement un faible poids portant un réticule, le déplacement du réticule mesure l'intensité du courant.

*C'est sur ce principe que seront construits par GAIFFE les galvanomètres universels.*

Pour mesurer l'intensité du champ dans le solénoïde (procédé d'autoconduction), D'ARSONVAL se servait d'un thermomètre à mercure, dont le réservoir était entouré de trois tours de gros fil, l'ascension de la colonne de mercure ainsi chauffée renseignait sur l'intensité du champ.

Signalons ici que, dans la suite, lorsqu'on s'attachera surtout aux « *effets thermiques* » de la haute fréquence, D'ARSONVAL précisera que, dans le cas « d'application directe » de ces courants, « l'ampèremètre thermique ne suffit pas pour renseigner sur le degré d'échauffement des tissus ». Qu'il faut alors se servir d'aiguilles thermo-électriques reliées à un galvanomètre à circuit mobile.

Il en est de même en cas « d'application indirecte » où l'échauffement devient proportionnel au produit de la fréquence par le carré du courant.

« *L'échauffement des tissus par la haute fréquence n'est point dû uniquement à l'effet Joule* ».

D'ARSONVAL, *C.R.A. Sciences*, 1<sup>er</sup> août 1927.

*C.R.A. Sciences*, 17 octobre 1927.

ARTICLE IV

## EFFETS PHYSIOLOGIQUES DES COURANTS DE HAUTE FREQUENCE

### A) MUSCLES ET NERFS (SENSIBILITE GENERALE).

Ces diverses méthodes que nous venons de décrire vont servir à D'ARSONVAL dans ses expériences de physiologie humaine. Ces nouveaux courants vont être étudiés dans leur action sur les nerfs, les muscles, la respiration, les combustions, envisagés même dans leur action sur les organismes élémentaires, unicellulaires, les microbes, les bacilles, etc..., et nous verrons comment déjà l'atténuation de la toxine dans l'organisme lui-même est envisagée par D'ARSONVAL.

Disons tout de suite que quelle que soit la méthode employée, pour D'ARSONVAL « les effets généraux sont sensiblement les mêmes ».

Nous avons vu que dès 1890 le physiologiste du Collège de France avait démontré qu'une patte de grenouille des plus sensibles ne réagissait plus lorsque la fréquence du courant dépassait une certaine limite.

*Le passage de ces courants de haute fréquence à travers l'organisme humain même à une très forte intensité n'exerce aucune action ni sur la sensibilité générale ni sur la contractibilité musculaire, ne détermine ni sensation consciente, ni mouvement d'aucune espèce.*

Cette propriété singulière et fondamentale des courants de hautes fréquences, nous avons vu comment D'ARSONVAL la démontre en se soumettant lui-même à l'expérience, nous savons comment il l'explique « innocuité par absence d'excitation ».

Et D'ARSONVAL ajoute qu'on peut admettre que ces courants exercent sur les centres nerveux et sur les muscles cette

action particulière si remarquablement étudiée par BROWN-SÉQUARD sous le nom d' « inhibition ».

Voici comment s'exprimait CORNU, témoin de l'expérience chargée de présenter les résultats des recherches de D'ARSONVAL à l'Académie des Sciences :

(3 juillet 1893).



FIG. 17

D'ARSONVAL montre que les courants de haute fréquence traversent le corps de deux aides avec une puissance suffisante pour allumer la lampe qu'ils tiennent chacun d'une main. Ils n'éprouvent aucune sensation. (Laboratoire D'ARSONVAL.)

« Nous avons été particulièrement frappés de l'expérience dans laquelle six lampes (125 volts, 0,8 ampères) ont été portées à l'incandescence dans le circuit formé par nos bras, circuit formant dérivation sur les extrémités du solénoïde induit par les décharges oscillantes. Nous n'avons pas éprouvé la moindre impression par le passage du flux électrique auquel nous étions soumis ; on ne pouvait cependant pas douter de l'énorme quantité d'énergie traversant notre corps (900 volts,

0,8 ampères  $\equiv$  720 watts) : elle se manifestait soit par l'incandescence des lampes, soit par les étincelles vives et nombreuses qui se produisaient à la rupture du circuit. Cette même quantité d'énergie électrique transmise sous forme de courants alternatifs à longue période (de 100 à 10.000 par seconde) aurait suffi pour nous foudroyer : dans les conditions ci-dessus, elle ne produisait aucune sensation appréciable. »

## **B) SYSTEME NERVEUX VASO-MOTEUR.**

« Si la H. F. est sans action consciente sur les nerfs de la sensibilité générale et du mouvement musculaire, il ne faut pas en conclure que tous les appareils nerveux sont dans le même cas : le système nerveux vaso-moteur est au contraire énormément excitable par les courants de H. F.

Sous leur action on voit par exemple chez le lapin « les vaisseaux de l'oreille se dilater très rapidement comme après la section du grand sympathique... Cet effet est suivi un peu plus tard d'une contraction énergique : sur l'homme en continuant un temps assez long on voit la peau se vasculariser et se couvrir de sueur.

Le sphygmographe de MAREY et le sphygmomanomètre de PORAIN appliqués à l'homme donne d'abord une baisse de la pression sanguine, puis une élévation et maintient à un taux élevé.

## **C) RESPIRATION.**

D'ARSONVAL étudie longuement l'action des courants de haute fréquence sur la respiration.

« Sous leur influence le nombre et l'amplitude des mouvements respiratoires augmentent ».

Ainsi que le volume d'oxygène absorbé et d'acide carbonique émis dans l'unité de temps.

Chez D'ARSONVAL le volume d'acide carbonique éliminé a passé de 17 litres à 37 litres par heure.

L'exagération des combustions organiques est aussi révélée par la pesée des animaux en expérience.

Pour cela D'ARSONVAL place l'animal en expérience dans un solénoïde, posé sur le plateau d'une balance Richard, pour éviter les erreurs dues à l'évaporation, les déjections sont reçues dans un récipient contenant de l'huile.

On détermine d'abord la perte de poids dans un temps donné lorsque l'animal est simplement enfermé dans le solénoïde non parcouru par le courant, et ensuite la détermination de la perte de poids dans le même temps, pendant le passage du courant :

Dans ces conditions, un premier cobaye qui perdait 6 grammes en 17 heures avant le passage du courant perdait 30 grammes dans le même temps quand on le soumettait à la haute fréquence.

Un lapin perdait en 8 heures 23 grammes avant l'électrisation, 48 grammes pendant l'électrisation.

La perte de poids déterminée par la haute fréquence semblait être plus accentuée pour les animaux de petite taille.

(D'ARSONVAL : C. R. A. des Sciences, 29 juin 1896).

## D) CHALEUR.

Cette suractivité des échanges se traduit également par une augmentation de la chaleur émise par le corps soumis aux courants de haute fréquence.

Le sujet en expérience est placé au centre d'un manchon athermique constitué par un drap épais. Le manchon qui se trouve lui-même à l'intérieur d'un grand solénoïde, est fermé à sa partie supérieure par un disque de bois surmonté d'une cheminée dans laquelle se trouve ajusté un anémomètre Richard très sensible - - sous l'influence de la chaleur dégagée par le sujet enfermé dans le manchon un courant d'air s'établit ; l'air pénètre librement par la partie inférieure de cette sorte de chambre et s'échappe par cette cheminée. Le tirage est d'autant plus actif que le dégagement de chaleur est plus

considérable. Le nombre de tours du moulinet de l'anémomètre dans l'unité de temps mesure exactement la vitesse du courant d'air et par suite la chaleur dégagée. Un étalonnage préalable a pourvu l'appareil d'une graduation permettant une estimation très rapide du nombre de calories dégagées.

Chez D'ARSONVAL la chaleur émise avant et après l'électrification a passé de 76 calories à 127 calories en une heure à la température moyenne de 17°.

### **E) APPLICATION LOCALE : ANESTHESIE.**

Appliqué localement à la surface de la peau ou des muqueuses, le courant de haute fréquence amène rapidement un degré d'insensibilité qui peut aller jusqu'à l'anesthésie complète.

Cette insensibilité ne pénètre pas profondément et persiste de quelques minutes à un quart d'heure. On constate le même phénomène sur le nerf mis à nu. Le nerf moteur musculaire n'est pas excité par les vibrations Hertziennes, mais il est anesthésié au point de ne pouvoir répondre de quelque temps aux autres genres d'excitation.

### **F) LA HAUTE FREQUENCE ET LES ETRES MONO-CELLULAIRES.**

Cette action des courants de haute fréquence sur le système nerveux, la circulation, les échanges nutritifs suffirait amplement à justifier le rôle qu'ils vont jouer en thérapeutique. Mais ce n'est pas tout et D'ARSONVAL nous montre que leur influence se fait sentir jusque sur la partie essentielle de l'être : sur la cellule, le protoplasma.

« Pour en avoir la preuve, nous dit-il, je me suis servi d'êtres monocellulaires comme la levure de bière et les différents bacilles ».

### Bacille pyocyanique

Au cours d'expériences faites avec CHARRIN en mai 1893, D'ARSONVAL obtient la diminution de la puissance chromogène du bacille pyocyanique en soumettant ses cultures à l'auto-conduction ; la pullulation, la forme et les fonctions pathogènes du bacille n'ont pas subi de grands changements.

Par la suite ces auteurs ont montré que des séances prolongées pouvaient porter atteinte à la pullulation du germe.

Enfin, en faisant agir directement la haute fréquence sur une culture vivante de bacille pyocyanique, ils ont remarqué que l'atténuation de la fonction chromogène semblait tenir à la modification du bouillon de culture, non à une modification du bacille lui-même ».

Ces résultats ont été obtenus par le procédé d'auto-conduction « qui assure seul la production d'un courant dans les particules les plus ténues, telles que les microbes ».

Au cours de sa publication, D'ARSONVAL ajoutait : « Ce résultat est intéressant parce qu'il prouve *le rôle d'un agent physique sur le monde des bactéries...* Il y a aussi dans cette question de biologie, possibilité à d'autres considérations..., l'état électrique de l'atmosphère devient capable d'avoir action sur les virus, au besoin sur le génie épidermique qui dépend en partie des conditions cosmiques ».

(Société de Biologie, 6 mai 1893).

### Toxine diphtérique

En février 1895, D'ARSONVAL et CHARRIN poursuivent leurs expériences, avec la toxine diphtérique. Pour cela, ils électrisent pendant un quart d'heure une toxine diphtérique très active, puis ils injectent 2 cc. 5 de cette toxine à trois cobayes et la même dose de la même toxine (non électrisée) à trois témoins. Dans ces conditions les trois cobayes ayant reçu la toxine électrisée ne furent même pas malades alors que les

trois autres moururent les deux premiers en 24 heures et le troisième en 36 heures.

Quelque temps après les trois cobayes qui avaient survécu reçurent en même temps que trois nouveaux témoins 1/2 cent. cube de toxine diphtérique. Parmi les cobayes qui avaient reçu dans l'expérience antérieure, de la toxine diphtérique électrisée l'un mourut en 4 jours et les deux autres au bout de 9 jours étaient bien portants, alors que pour les témoins la mort était survenue en 2 jours pour deux des témoins, 3 jours après pour l'autre.

Dans ces expériences, l'appareil se composait d'un solénoïde à travers lequel passait la décharge oscillante d'un condensateur.

Les deux extrémités du solénoïde étaient terminées par un fil de platine qui plongeait dans un tube en U contenant la toxine diphtérique, la température de la toxine ne dépassait jamais 18° pendant l'expérience.

D'ARSONVAL et CHARRIN concluaient : « La haute fréquence atténue les toxines bactériennes, les toxines ainsi atténuées augmentent la résistance des animaux auxquels on les injecte. »

Et cette vue de l'avenir :

*« Les courants de haute fréquence étant sans action sur la sensibilité et la motilité, il y a lieu d'espérer qu'on pourra les rendre assez puissants pour atténuer la toxine dans l'organisme lui-même sans altérer les cellules qui composent les tissus ».* (1895).

Les recherches de D'ARSONVAL et CHARRIN sont reprises avec succès par VIOLA et BONOME en Italie, en France par DUBOIS de Reims et MARMIER.

Ce dernier dans sa thèse de doctorat « Les toxines et l'électricité », arrivait aux mêmes résultats, mais pour lui cette atténuation de la toxine était due uniquement à l'élévation de température produite par le passage du courant.

## Venin de cobra

D'ARSONVAL répond à MARMIER que dès le début de ses expériences il avait pris « toutes précautions pour éviter l'échauffement anormal des toxines et pour le démontrer reprend ses expériences avec PHYSALIX sur le venin de Cobra.

Le venin de Cobra ne perd sa virulence qu'en étant chauffé à  $+ 150^{\circ}$  en tube scellé, l'ébullition à  $100^{\circ}$  est insuffisante.

Ce même venin soumis à la haute fréquence en tube ouvert (par PHYSALIX et D'ARSONVAL) perd toute sa virulence, il est impossible d'incriminer la chaleur dans cette atténuation de toxicité car, au cours de l'expérience, un thermomètre plongé dans la toxine n'a jamais dépassé  $40^{\circ}$ .

(Société Biologie, 6 mars 1896).

D'ARSONVAL explique l'action des courants de H. F. par des phénomènes d'ordre « *électrolytiques* ».

« A des combinaisons et à des décompositions alternatives extrêmement rapides, se faisant dans la masse du liquide, de molécule à molécule, ne s'accompagnant d'aucun dégagement de produits libres pouvant agir chimiquement sur la toxine ».

## ARTICLE V

### PRESENTATION DES EXPERIENCES A L'ACADEMIE DE MEDECINE

En 1893, D'ARSONVAL présente à l'Académie de Médecine le résultat de ses expériences. Voici comment le Professeur BORDIER nous raconte l'accueil peu enthousiaste que devait lui réserver l'illustre assemblée :

« Le Secrétaire général le fit venir et lui dit d'un air consterné qu'il ne pouvait accepter une communication aussi fan-

taisiste : « Voyons, mon cher D'ARSONVAL, ce n'est pas sérieux ? Vous assurez que le corps humain peut être impunément traversé par des courants mille et mille fois plus intenses que ceux qui nous foudroient ! Non seulement ils ne nous feraient pas de mal, mais nous ne les sentirions pas ? Est-ce possible ? Et puis, qu'est-ce que c'est que ces courants qui changent de sens, des millions de fois par seconde. Quel est l'instrument assez subtil pour mesurer le millionième de seconde ? Allons, refaites vos expériences : je veux vous épargner le déshonneur de les avoir publiées, avant de vous être aperçu d'une énorme erreur... ».

M. D'ARSONVAL eut beau lui démontrer qu'il n'y avait pas d'erreur, que ses expériences avaient été faites sur deux membres de l'Institut (MAREY et CORNU) qui n'en étaient pas morts.

« Le Secrétaire ne voulut rien entendre et M. D'ARSONVAL dut invoquer son droit de membre de l'Académie pour faire imprimer sa communication.

Alors le Secrétaire général, navré, lui dit : « Allons, tant pis pour vous, mais je vous en supplie, n'y revenez plus ».

Ce simple épisode amusant de l'œuvre de D'ARSONVAL montre toute l'originalité de ses découvertes et l'on comprend bien la surprise et la réticence de ce secrétaire profane devant les travaux qui lui étaient présentés.

## CHAPITRE II

### ARTICLE PREMIER

# **LA CLINIQUE : PREMIERES TENTATIVES THERAPEUTIQUES A L'HOTEL-DIEU DE PARIS EN 1893 LES OBSERVATIONS INITIALES**

Dès 1895, D'ARSONVAL du laboratoire passe à la Clinique. Les courants de haute fréquence seront appliqués tout d'abord dans le traitement des maladies de la nutrition. Leur action sur la circulation, les échanges respiratoires, inspirait et légitimait cette innovation thérapeutique, aboutissant naturel des expériences du physiologiste.

Ces expériences démontraient en effet que la haute fréquence activait considérablement les échanges organiques, pouvait atteindre la vie dans ses « manifestations les plus intimes » en touchant au fonctionnement de la cellule vivante elle-même.

Il était donc parfaitement logique d'appliquer cette nouvelle forme de l'énergie électrique au traitement de maladies essentiellement constituées par un trouble de nutrition, maladies « totus substantiæ » unanimement rattachées sous des noms différents à la même prédisposition morbide : l'arthritisme des anciens, la diathèse bradytrophique de BOUCHARD et l'herpétisme de LANCEREAUX.

C'est à « l'Hôtel-Dieu » de Paris que, pour la première fois en 1893 fut introduite cette nouvelle branche de la thérapeutique.

Il fallut à l'époque toute l'autorité de l'intervention du Prof. BOUCHARD pour que l'on permit à D'ARSONVAL d'introduire ainsi dans un hôpital une thérapeutique qui, pour certains, touchait au charlatanisme.

Les premières applications thérapeutiques sur le malade eurent lieu dans le service du Docteur CHARRIN, assistant du Professeur D'ARSONVAL au Collège de France.

D'ARSONVAL avait apporté tout son appareillage de laboratoire jusqu'aux accus qui alimentaient la bobine de Ruhmkorff : « lorsque l'on mit l'appareil en marche, nous dit D'ARSONVAL, je vis en raison des étincelles et du bruit qui s'échappaient de mon éclateur, la brave religieuse qui nous assistait, se retourner et faire le signe de la Croix, en se demandant sans doute si on ne venait pas d'introduire le diable dans son beau service ».

Voici comment D'ARSONVAL nous raconte ses premières tentatives thérapeutiques :

« Les courants de haute fréquence agissent puissamment pour augmenter l'intensité des combustions organiques, ainsi que je l'ai démontré précédemment. J'ai pensé dès lors que cette modalité particulière de l'énergie électrique donnerait de bons effets dans cette classe particulière de maladies, si bien étudiées par mon savant confrère et ami, le Professeur BOUCHARD, sous le nom de maladies par ralentissement de la nutrition. Certaines formes de diabète sucré, la goutte, le rhumatisme, l'obésité, etc..., sont dans ce cas.

J'ai donc institué depuis le commencement de cette année une série de recherches cliniques sur ce sujet. Les expériences ont eu lieu à l'Hôtel-Dieu dans le service dirigé par mon assistant, le Docteur CHARRIN, et sous son contrôle, au point de vue médical. Les résultats obtenus jusqu'ici ont si complètement répondu à mon attente que je crois devoir en signaler quelques-uns dès maintenant.

Voici dans quel esprit sont instituées ces recherches et quelle a été la méthode suivie :

« *Je rejette complètement tous les résultats mettant en jeu l'appréciation du malade*, pour tenir compte exclusivement des modifications physico-chimiques ou cliniques exactement et objectivement mesurables. *J'élimine aussi complètement les améliorations subjectives qui pourraient être attribuables à la suggestion*. Cette cause qu'invoquent trop légèrement certains médecins pour expliquer des cures indéniables, dues à l'électricité, n'a aucune part dans les faits que je vais signaler. D'ailleurs, les résultats positifs obtenus précédemment chez les animaux et que nous allons retrouver chez nos malades écartent *a priori* cette objection.

Les observations ci-dessous se rapportent à deux diabétiques et un obèse.

Les variations de la température ont été prises deux fois par jour, de même que la pression artérielle, qui a été mesurée à l'aide du sphygmomanètre de notre confrère, le Professeur POTAIN.

L'analyse des urines a été faite par M. GUILLEMONAT, interne du service qui a procédé de la façon suivante : chaque jour sur l'urine émise dans les vingt-quatre heures, on prélève un cinquième par exemple du volume total. Tous les cinq jours, on fait une analyse. Par ce procédé on a une moyenne qui élimine les causes d'erreurs dues aux oscillations journalières de la diurèse. Les précautions sont prises naturellement pour mettre ces urines à l'abri de la décomposition.

Le coefficient uretoxique de ces urines, coefficient dont on connaît toute l'importance aujourd'hui grâce aux travaux de M. BOUCHARD ont été prises dans son laboratoire même par M. CHARRIN.

Enfin l'application du courant a été faite avec grands soins, sur mes indications par M. BONNIOT, externe du service, un de mes auditeurs, et élève des docteurs TRIPIER et APOSTOLI. Toutes les précautions en un mot ont été prises pour donner à ces observations le caractère de précision qui doit en assurer la valeur.

L'analyse des gaz de la respiration ainsi que la radiation calorimétrique des sujets seront prises également sous peu.

Deux mois maintenant du dispositif expérimental permettant la production des courants de haute fréquence au lit des malades ; je ne pouvais songer à employer l'appareil si commode décrit dans ma précédente communication puisque l'Hôtel-Dieu n'est pas relié au secteur électrique. Pour charger périodiquement le condensateur, j'ai dû avoir recours à la bobine de Ruhmkorff, actionnée par des accumulateurs.

Le trembleur classique de cet appareil présente un gros inconvénient, sous l'influence du courant énergique qui le traverse, le marteau se soude assez rapidement à l'enclume et cette fermeture en court-circuit amène rapidement la détérioration de la bobine et des accumulateurs, si une surveillance de tous les instants ne vient parer à cet accident. Pour éviter, j'ai fait établir par M. GAIFFE la modification suivante que la figure ci-jointe met en évidence. L'enclume, au lieu d'être fixe, tourne d'un mouvement de rotation continu grâce à un petit moteur électrique animé par une dérivation du courant provenant des accumulateurs. Si le collage se produit, il ne peut se maintenir et l'interrupteur fonctionne ainsi sans surveillance.

La bobine charge les condensateurs plans reliés en cascade que contient la boîte plate située à côté de la bobine, le courant de haute fréquence est capté comme d'habitude aux extrémités du solénoïde. Son intensité est réglée en prenant un plus ou moins grand nombre de spires et on la mesure en intercalant dans le circuit le galvanomètre construit pour mesurer les courants de H. F. C'est un galvanomètre thermique composé d'un fil fin dont l'échauffement se traduit par des variations de longueur qu'indique une aiguille mobile sur un cadre divisé expérimentalement en milliampères d'un côté, en volts de l'autre.

Cet appareil permet de faire passer à travers l'organisme des courants dont l'intensité dépasse 500 milliampères.

J'ai indiqué déjà trois procédés principaux pour l'électrification par les courants de H. F. : le premier consiste à amener à la partie du corps qu'on veut électriser, le courant éma-

nant du solénoïde, à l'aide de conducteurs terminés par des électrodes appropriées, le second consiste à plonger le malade dans un solénoïde ne le touchant pas, mais qui induit dans son corps des courants de même fréquence : c'est la méthode « d'auto-conduction » ou faradisation induite ; dans le troisième procédé le malade constitue une des armatures d'un condensateur chargé statiquement par le solénoïde.

Dans les observations ci-dessous, c'est le premier procédé qui a été employé. Le courant émanant du solénoïde traverse le corps entier des pieds aux mains. Un des pôles du solénoïde est en rapport avec l'eau d'un pédiluve où le malade plonge ses deux pieds, le second pôle est relié aux deux mains par un conducteur bifurqué terminé par des poignées métalliques.

Dans ces conditions, le courant est généralisé et son intensité a varié entre 350 et 450 milliampères ; la durée des séances faites quotidiennement, d'abord de dix minutes a été abaissée successivement à cinq et à trois minutes suivant l'impressionnabilité des sujets.

Ce courant, je le répète, n'exerce aucune action consciente soit sur la sensibilité, soit sur la motricité, ce qui fait que les malades se soumettent sans répugnance à son action. »

« *Acad. des Sciences*, 6 juillet 1893. »

## LES PREMIERES OBSERVATIONS.

A cette communication fait suite l'exposé des premières observations où la haute fréquence avait été appliquée. A titre historique, nous reproduisons ici, l'observation initiale.

### OBSERVATION N° 1

Homme de 33 ans, atteint de diabète grave depuis quatre ans, est mis en observation pendant une quinzaine.

Dans ces conditions, il rendait une moyenne de 11 litres 300 d'urine en 24 heures, contenant 54 grammes de sucre par litre, soit 620 grammes de sucre par jour. La pression artérielle était de

15 centimètres de mercure seulement. La toxicité des urines est presque nulle : 250 grammes injectés à un lapin le rendait à peine malade.

On applique la H. F. par séances quotidiennes de dix minutes. Dès le premier jour, la disparition des douleurs dans les membres, sommeil meilleur, non interrompu par la soif, ou le besoin d'uriner, plus de cauchemars, clarté plus grande de la vue, retour de la mémoire et lucidité d'esprit rendant la lecture possible. Quant aux phénomènes objectifs, disparition d'un œdème malléolaire remontant jusqu'à mi-jambe, rétrocession d'un certain degré d'ascite et réveil de la sensibilité aux jambes qui avait complètement disparu.

Pendant le premier septenaire, peu de modification du côté de l'urine et de la production de sucre, à l'exception de la diurèse qui se régularise et ne présente plus de sauts brusques, passant de 7 litres à 13 litres dans les 24 heures.

Dans le second septenaire, tout se modifie rapidement et après quarante-deux jours de traitement on constatait les faits suivants : moyenne de la quantité d'urine des 24 heures, 7 litres; sucre, rendu en 24 heures, 180 grammes; pression artérielle atteignant 25 centimètres le vingtième jour, pouls à 140, température s'élevant jusqu'à 38° et se fixant enfin à 37°, toxicité des urines considérablement accrue. Après un mois, 64 grammes tuent un kilogramme d'animal; enfin, oscillation du poids qui tombe d'abord de 57 kilogrammes 500 à 51 kilogrammes pour remonter graduellement à 56 kilogrammes.

A la suite de la troisième observation sur un cocher obèse, pesant 50 kilog., âgé de 36 ans, et présentant une arythmie cardiaque, D'ARSONVAL ajoutait :

« J'ai montré expérimentalement que la haute fréquence agit comme toujours puissamment sur la circulation, qu'il existe des contre-indications et qu'enfin la suggestion ne suffit pas pour expliquer les bons effets de l'électricité puisque ce malade qui n'a pas bénéficié du traitement avait la foi, contrairement aux précédents qui furent tous étonnés de se trouver mieux.

« Si cette nouvelle porte ouverte à la thérapeutique est pleine de promesse, je dois prévenir les médecins que tout est à faire au point de vue clinique, j'ai montré expérimentalement que la H. F. est un puissant modificateur de l'organisme, là se

borne pour l'instant, mon rôle de physiologiste. » (D'ARSONVAL, *Ac. Sciences*, juillet 1893.)

Quelque temps après les premières tentatives de D'ARSONVAL, APOSTOLI et BERLIOZ présentent à l'Académie des Sciences le résultat d'un an d'expérience sur « l'action thérapeutique des courants de haute fréquence. Auto-conduction d'Arsonval. »

De janvier 1894 à mars 1895, soixante-quinze malades ont été traités par la méthode D'ARSONVAL.

La plupart des malades qui ont bénéficié très nettement de ces soins sont des ralentis de la nutrition : arthritiques, goutteux, rhumatisants, etc., cependant certaines névralgies localisées et certaines hystériques n'ont retiré aucun bénéfice de ce traitement.

APOSTOLI et BERLIOZ pouvaient conclure dans leur note :

« Ces courants ont une influence puissante sur l'activité nutritive et à ce titre, *ils constituent une médication de premier ordre* dans un grand nombre de troubles fonctionnels, provoqués par un ralentissement ou une perversion de la nutrition. » (*Acad. des Sciences*, 18 mars 1895.)

APOSTOLI apportait ainsi une confirmation clinique nouvelle aux découvertes de D'ARSONVAL.

Depuis cette époque, sous l'impulsion des premiers chercheurs, APOSTOLI, OUDIN, TRIPIER, CHARRIN, MOUTIER, DOUMER, DELHERM, LAQUERRIÈRE, DAUSSET, BELOT, RECHOU, ZIMMERN, BERGONIÉ, BORDIER, RIVIÈRE, etc..., la haute fréquence allait être appliquée dans les domaines les plus variés de la pathologie, tantôt sous la forme de la conduction directe, de la cage d'auto-conduction, du lit condensateur ou d'effluvation.

## CHAPITRE III

### LA DIATHERMIE

Au fur et à mesure des progrès et de la généralisation de l'Electricité, la méthode et l'instrumentation de la haute fréquence se perfectionnent.

Vers 1897, D'ARSONVAL fait construire un nouvel appareil dit « meuble à grande puissance d'Arsonval-Gaiffe » directement alimenté par le secteur alternatif de basse fréquence, pouvant aussi servir de générateur pour les rayons X.

Les installations de H. F. se multiplient dans les hôpitaux et les cabinets médicaux.

D'ARSONVAL promène à travers la France un appareillage complet de H. F., multipliant conférences et démonstrations et en 1900 c'est à lui « qu'on s'adresse pour faire éclater au fronton de l'Exposition, la puissante étincelle qui doit affirmer la conquête définitive de l'électricité par l'homme ».

Convie à l'étranger pour exposer ses travaux, en 1911, nous retrouvons le « père de la haute fréquence médicale » répétant ses premières expériences du laboratoire du Collège de France, à Saint-Petersbourg et à Varsovie.

Cependant depuis quelques années les « Ondes Amorties » sont orientées vers une thérapeutique nouvelle, de plus en plus une tendance nouvelle s'affirme : *l'utilisation des courants de haute fréquence au « chauffage direct de l'organisme », avec appareils à éclateur et par contact direct : c'est la diathermie à ondes longues et moyennes et sa modalité localisée l'électro-coagulation.*

L'utilisation des courants de H. F. en application directe n'avait pas dès le début joui de la vogue des autres modalités telle que « l'autoconduction ».

Les tentatives faites en interposant l'organisme directement dans le circuit parurent en effet manquer d'efficacité, car à part « la sensation de chaleur au point de contact des électrodes » on n'avait pu observer aucun phénomène physiologique ou thérapeutique de quelque valeur.

Cependant, dès 1893, D'ARSONVAL spécifiait que ce sentiment de chaleur au niveau des poignets était limité par l'intensité; en 1896, en poussant cette intensité plus loin, il était arrivé à sectionner les pattes d'un lapin.

C'est seulement vers 1905-1906, époque où l'intensité de la H. F. devint suffisamment puissante, qu'un mouvement important s'était dessiné en faveur de l'utilisation des courants de H. F. comme moyen de *thermothérapie*.

L'impulsion a été donnée à peu près simultanément à Vienne par V. ZEYNEK, BERNDT et PREYSS; à Berlin par NAGEL-SCHMIDT; en Angleterre, par SOMMERVILLE; en Hollande, par WERTHEIM-SALOMONSON; en France, par ZIMMERN et TURCHINI, BORDIER, LECOMTE, etc...

Toutes les méthodes que l'on vit préconiser sous le nom de thermopénétration (BERNDT et PREYSS), de transthermie (NAGEL-SCHMIDT), diathermie, électrocoagulation, sont identiques dans leur principe et *reposent sur les propriétés thermiques des courants oscillants démontrées par D'ARSONVAL*.

Le développement d'effets calorifiques notables exigeant des intensités beaucoup plus élevées que celles que donnaient les premiers appareils de H. F. il fallait modifier l'instrumentation dans ce sens. Le problème qui se posait était le suivant : augmenter l'intensité efficace en multipliant le nombre des trains d'ondes dans l'unité de temps, tout en conservant une fréquence supérieure à la limite de l'excitabilité neuro-musculaire.

Dès 1908, ce problème reçut une solution heureuse, D'ARSONVAL avait imaginé de multiplier les trains d'ondes par un éclateur à pôle rotatif.

Dans une présentation d'appareil inspiré par D'ARSONVAL et réalisé par la maison Gaiffe, en 1910, nous lisons :

« La diathermie et l'électrocoagulation sont exclusivement l'application des propriétés thermiques des courants de H. F. Le principe de l'utilisation de ces propriétés à la production de chaleur dans un être vivant fut signalé par le Professeur D'ARSONVAL en 1896. Depuis quelques années déjà des applications cliniques en ont été faites d'une façon régulière et scientifique par le Docteur DOYEN ».

C'est vers 1909 que la diathermie entre dans la pratique médicale. BERNDT, PREYSS, l'utilisent dans les affections douloureuses.

NAGELSCHMIDT et BERNDT, BORDIER, DOYEN, RIVIÈRE et KEATING-HEART ont recours au pouvoir coagulant de la H. F. dans le traitement des tumeurs malignes.

## ARTICLE II

# **LA " D'ARSONVALISATION "** **TOUTES LES APPLICATIONS** **DE LA HAUTE FREQUENCE EN MEDECINE** **REÇOIVENT LE NOM DE D'ARSONVALISATION** **(1913, CONGRES BERLIN)**

En 1910, au Congrès de Physiothérapie de Paris, NAGELSCHMIDT présente un rapport sur la diathermie. Le Professeur BERGONIÉ, à la suite, propose de confondre toutes les modalités de la haute fréquence sous le nom de « d'Arsonvalisation » ; mais aucune décision n'est prise.

Déjà depuis 1899, dans un article paru dans le « Wiener Medizinischen Wochenschrift », BENEDIK avait proposé d'attacher le nom de M. D'ARSONVAL aux courants mis par lui en

service depuis 9 ans et à toutes les nouveautés et utilisations en haute fréquence, suite des découvertes du savant : et le Professeur BENEDIK lançait les premières appellations de « *l'Arsonvalisation* » ou « *Arsonvalisme* ».

Voici du reste comment s'exprimait l'auteur allemand :

« *L'Arsonvalisme en Médecine* »

« La science de l'électricité a apporté des armes puissantes à la science de guérir et les nouvelles méthodes thérapeutiques se relient dans leur système aux méthodes des physiciens : GALVANI, FARADAY et FRANKLIN.

Le successeur de Claude BERNARD à Paris, M. D'ARSONVAL, a communiqué en 1889 par diverses lectures au Collège de France, et notamment en avril et février 1891 à la Société de Biologie, ses découvertes sur les actions physiologiques des courants à haute fréquence...

« *L'arsonvalisme* » est, sans conteste, appelé à un avenir très grand. On peut dès aujourd'hui le porter très haut ou le décrier, mais on ne peut pas si prématurément en mesurer les conséquences futures ».

Ainsi donc, dès 1899, en Allemagne, les applications de la H. F. en biologie et en médecine avaient reçu le baptême de « *Arsonvalisation* ».

En 1913, au Congrès de Berlin, les professeurs BERGONIÉ et VAN ZEYNEK de Prague, présentent deux savants rapports sur la diathermie. Ces auteurs démontrèrent que l'échauffement des tissus par les courants de haute fréquence et l'emploi thérapeutique de cette méthode avaient été signalés il y a 20 ans par D'ARSONVAL. Ils rappellent qu'en 1893 D'ARSONVAL avait prouvé que ses nouveaux courants traversaient le corps et par cela même fixé le principe de la thermopénétration.

Afin de démontrer qu'il a prévu et décrit les actions de la H. F. avec basse tension, D'ARSONVAL reproduit devant le Congrès avec les appareils qui lui ont servi au Collège de France en 1890 « *quelques vieilles expériences sur les courants de haute fréquence* ». Il montre qu'il en a réalisé toutes les moda-

lités, en particulier il coagule les deux pattes postérieures d'un lapin.

Ce fut à cette conférence, une véritable ovation, et cependant ce n'étaient là que des expériences anciennes, mais si frappantes, faites avec un matériel si simple, si convaincantes aussi parce qu'elles contenaient en germe, il y a 20 ans, toutes les applications qui sont venues depuis des courants de H. F., en particulier de la diathermie. Le Professeur HIS avait tenu à présider lui-même cette mémorable leçon qui avait permis de retrouver un historique des applications de ces courants à la médecine, qui s'était peu à peu faussé depuis quelque temps et que quelques-uns avaient même semblé oublier.

L'assemblée, présidée par le Professeur HIS, décide à l'unanimité, sur la proposition du Professeur BORUTTAN que le nom de « D'ARSONVALISATION » serait dorénavant adopté pour désigner « toutes les applications de la haute fréquence dans le traitement des maladies ».

### ARTICLE III

## L'ELECTRO-CHIRURGIE

La haute fréquence poursuit sa « chevauchée triomphale » sous ses diverses formes, ses indications se précisent. BORDIER et LECOMTE, les premiers, dès 1900, expérimentent sur les animaux les effets thermiques de ces courants de haute fréquence.

La fulguration, avec KEATING-HEART s'attaque aux cancers (1906).

Les effets thermiques signalés par ZIMMERN et TURCHINI dès 1908 sont utilisés par DOYEN dans la destruction des tumeurs malignes, suivi dans cette voie en Allemagne par NAGELSCHMIDT, HEIDELBERG ZEYNECK-BERND et CZERYN.

En 1919, HEITZ-BOYER, en France, nous donne son premier bistouri électrique, bientôt perfectionné avec l'apparition des « Ondes Courtes ».

Avant d'aborder l'étude des « Ondes Courtes », signalons ici que quelque remarquables que soient « *les effets thermiques* » de la haute fréquence — effets incontestables qui ont valu à cette thérapeutique un engouement général de la part des cliniciens de tous les pays — D'ARSONVAL a toujours soutenu et démontré qu'ils étaient loin d'être les seuls et qu'il ne fallait point s'hypnotiser sur eux.

## CHAPITRE IV

### ARTICLE PREMIER

## LES ONDES COURTES ENTRENT DANS LE CADRE DE LA " D'ARSONVALISATION "

### A. — DECOUVERTE DU PRINCIPE DE LA T. S. F. (BRANLY 1891). LA LAMPE TRIODE 1907.

### B. — LES ONDES COURTES EN MEDECINE.

En 1923, les Ondes Courtes font leur apparition dans le domaine médical, résultat des progrès de la radiophonie.

En effet, en 1891, le Professeur BRANLY, dans son laboratoire de l'Institut Catholique de Paris, posait le principe de la télégraphie sans fil par les Ondes à haute fréquence. On sait la part apportée par MARCONI à la suite de BRANLY dans l'exploitation industrielle de ce principe.

En 1907, la télégraphie sans fil est dotée d'un nouveau générateur à ondes entretenues : la lampe triode de LEE DE FOREST qui allait révolutionner la T. S. F.

En 1923, aux Etats-Unis, des employés de la « General Electric C<sup>e</sup> de Schenectady », faisant fonctionner de puissants générateurs d'ondes courtes à lampes, sont incommodés par les étincelles qui éclatent de ces appareils.

Les savants américains CARPENTER, Mac LENNAN, BURTON, informés de ces incidents, se demandent si les ondes courtes émises par les générateurs ne seraient point la cause des divers

malaises accusés par les techniciens, se mettent à l'étude des Ondes Courtes sur l'organisme à l'aide de générateurs analogues.

En France, HALPHEN, AUCLAIR, sont les promoteurs de cette nouvelle méthode, ils nous en apportent les premières démonstrations pratiques et nous donnent les observations initiales de malades traités par ces ondes.

Ainsi la « lampe triode », après avoir servi la radiophonie, gagnait le terrain médical, « juste rendu d'un prêt », dira D'ARSONVAL. En effet, c'est la physiologie qui, en 1898, avait doté l'industrie de ses premiers moyens de Haute Fréquence. A la suite d'une communication du Commandant FERRIÉ, en 1910, on écrivait que la haute fréquence médicale avait profité des progrès et instrumentation de la T. S. F.

D'ARSONVAL proteste au Congrès International de physiologie de Paris (avril 1910) et démontre que l'application à la médecine des courants de haute fréquence remontait déjà à 20 ans, c'est-à-dire à une époque bien antérieure à la découverte de la T. S. F.

Ce furent, en effet, les appareils mêmes inventés par le Professeur D'ARSONVAL pour ses recherches de physiologie qui servirent au Capitaine FERRIÉ pour ses premières émissions à la Tour Eiffel...

Depuis 1929 l'étude des Ondes Courtes fait l'objet d'une série de travaux soit d'ordre technique, soit d'ordre médical, parmi ceux-ci, on doit citer principalement ceux de CHRISTIE et LOONIS, de SCHERESCHEFSKY, WITNEY, SCHLIEPHAKE et ESAU, JELLINEK, CARPENTER, SAIDMAN et MEYER, CAHEN, DAUSSET, BELLOT, HALPHEN, AUCLAIR, BORDIER, RECHON, NAGELSCHMIDT, KOWAS, TURREL, STROHL, DOGNON, DELHERM, FISCHGOLD, etc...

Les termes d'infra-diathermie, ultra-diathermie, radio-diathermie, radia-diathermie, néo-diathermie et tout récemment de « Marconithérapie », sont proposés pour désigner l'emploi thérapeutique des Ondes Courtes, la même discussion que nous avons vu s'élever vers 1908 entre Diathermie et d'Arsonvalisation, s'élève entre Ondes Courtes et d'Arsonvalisation.

### C. — LE CONGRES DE ZURICH 1934.

En 1934, au Congrès International de Zurich, les électrothérapeutes de langue allemande, et surtout SCHLIEPHAKE essayent de présenter cette nouvelle forme d'énergie des ondes courtes comme un chapitre isolé et inédit du rayonnement électro-magnétique.

Le Docteur SCHLIEPHAKE affirmait dans son rapport sur la thérapie par les Ondes Courtes que *« la différence entre les ondes ultra-courtes et la diathermie et la d'Arsonvalisation d'autre part, était identique à la différence entre les rayons X et les rayons ultra-violets »*.

*« Les Ondes Ultra-Courtes se comporteraient dans l'organisme d'une manière totalement différente que les autres formes de la haute fréquence »*.

Ces ondes ultra-courtes commenceraient au-dessous de 15 m. ou au-dessous de 10 m. et le rapporteur proposait de leur maintenir le nom de « radiations ultra-courtes » pour les distinguer de la « diathermie à ondes courtes » qui devait comprendre la thérapie par les ondes amorties, ainsi que celles utilisant des longueurs d'onde au-dessus de 10 mètres.

D'après le rapporteur, cette différence fondamentale entre les radiations ultra-courtes et la diathermie provenait de ce que les ondes ultra-courtes agissaient par un effet de « capacité » qui leur permettait de pénétrer les tissus de grande résistance ohmique comme « les capsules, le tissu conjonctif, la graisse, qui ont une très mauvaise conductibilité ».

Ajoutant que l'action biologique des ondes courtes était liée à la longueur d'onde, le Docteur SCHLIEPHAKE concluait que les Ondes Courtes et Ultra-Courtes constituaient au point de vue biologique et thérapeutique une *« forme d'énergie totalement différente des autres modalités de la haute fréquence »*.

En opposition formelle avec cette thèse, il a toujours semblé naturel à l'Ecole Française de comprendre les Ondes Courtes dans la « d'Arsonvalisation ».

Déjà depuis 1913 le Congrès de Berlin n'avait-il pas décidé

de réunir sous le nom de « *d'Arsonvalisation* » toutes les applications de la haute fréquence, aussi bien celles de tension que celles de quantité, y compris la diathermie.

Et nous voyons au Congrès de Zurich, l'école de D'ARSONVAL avec DAUSSET, DELHERM, BELOT, RECHOU, FISCHGOLD, soutenir l'unité de la « *d'Arsonvalisation* ». Ils rappellent que les « effets de capacité » sur lesquels insistait le rapporteur allemand existaient déjà dans le très ancien procédé classique du lit condensateur de D'ARSONVAL, du solénoïde et même de la diathermie ordinaire, la peau, au cours de ses applications, se comportant comme un diélectrique imparfait.

Sans contester cet effet de capacité dans les applications des Ondes Courtes, les auteurs français faisaient remarquer qu'il ne pouvait servir de critère exclusif pour les Ondes Ultra courtes, et rappelaient que le Professeur STROHL avait montré que la peau humaine se comportait envers les courants électriques comme un diélectrique imparfait, comme une résistance shuntée par un condensateur.

Le courant alternatif H. F. utilisé dans la diathermie ordinaire (300 m.) passe à travers la peau sèche par un effet de capacité; l'électrode métallique et les liquides salins de l'organisme constituent les plaques d'un condensateur, tandis que l'épiderme réalise un diélectrique imparfait arrêtant presque complètement le courant continu ou de basse fréquence.

D'après une formule physique, l'intensité du courant sera d'autant plus grande que la fréquence augmente, cette influence de la fréquence explique en partie les qualités spéciales des Ondes Courtes. Mais les membranes et les aponévroses profondes, qui sont aussi des diélectriques imparfaits se comportent envers les courants de H. F. d'après le schéma de M. STROHL, elles arrêtent en partie les courants diathermiques et leur seront de plus en plus perméables à mesure que la fréquence augmente.

Et les électrophysiologistes français admettaient entre la H. F. et la très haute fréquence une différence dans la répartition de l'énergie et dans sa pénétration à l'intérieur de l'organisme, mais ils ne voyaient aucune considération théorique qui



FIG. 18

D'ARSONVAL montre que l'induction est possible en remplaçant la cage par un simple cordon métallique. (1893.)

(Laboratoire D'ARSONVAL.)

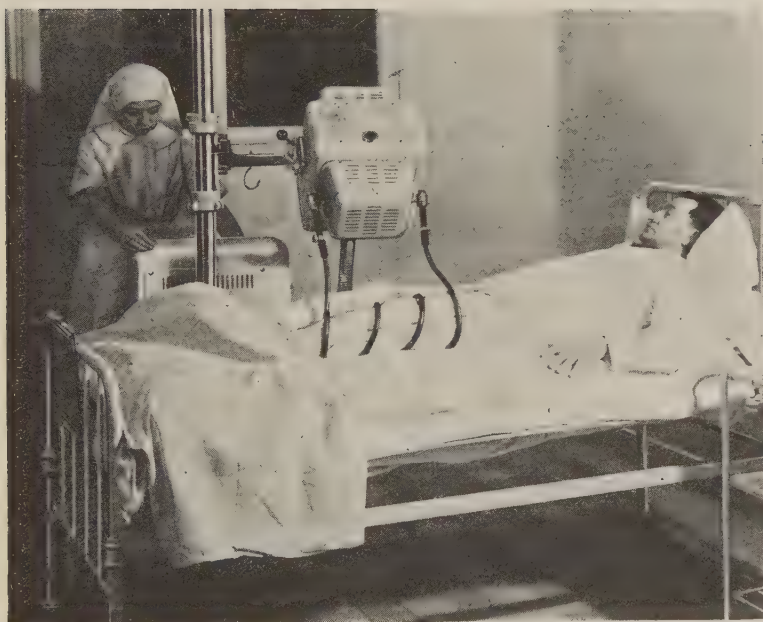


FIG. 19

Le câble isolé pour un traitement par spires d'induction.

Le « Polythermax 1938 », dernière création de la Compagnie Générale de Radiologie, illustration moderne du principe décrit par D'ARSONVAL en 1893. (Fig. 18.)

puisse autoriser à concevoir dans les Ondes Courtes une forme d'énergie distincte de la « d'Arsonvalisation » ordinaire, mais seulement une forme perfectionnée de la diathermie ordinaire.

De son côté, le Professeur BORDIER voit dans les courants fournissant les Ondes Courtes, des courants comparables à ceux employés en diathermie, « ils n'en diffèrent au point de vue physique que par leur fréquence beaucoup plus élevée et par conséquent par leur longueur d'onde beaucoup plus courte.

« Que les ondes soient courtes ou qu'elles soient longues, c'est toujours la même formule qui conditionne la valeur de la longueur d'onde.

$$(\text{longueur d'onde}) = V (\text{vitesse lumière}) \times T (\text{temps d'une période oscillatoire})$$

le dit T est rendu fonction de la self (L) du circuit et de la capacité (C) du condensateur par la formule de THOMSON

$$T = 2 \sqrt{L \cdot C}.$$

Les ondes courtes ne constituent donc pas, au point de vue physique, une catégorie d'ondes différentes des autres ondes électromagnétiques, comme certaines personnes peu initiées à ces études semblent se l'imaginer.

On a l'air de vouloir, dans certains milieux médicaux, substituer la « d'Arsonvalisation à ondes courtes » à « la diathermie ». « Ce n'est point substitution qu'on devrait dire, mais addition ».

Enfin dans un article récent (mai 1937), le Professeur SCHLIEPHAKE semble se rapprocher de la conception des électrophysiologistes français.

L'auteur rappelle qu'en 1926, avec ESAU, ils ont été les premiers à aborder l'étude biologique des Ondes Ultra-courtes et que si aucun travail n'avait été fait dans ce domaine avant eux c'est parce que seulement au début de ce siècle le Professeur D'ARSONVAL avait révélé l'action de ces ondes.

A cette époque D'ARSONVAL avait entrepris des recherches sur toute la gamme des longueurs d'onde. A la suite des recherches de ce savant on était arrivé à cette conclusion que

ce n'est qu'à partir d'une longueur d'onde de 300 mètres qu'on peut obtenir une action thérapeutique.

Comme l'autorité de ce premier chercheur était incontestée, ce n'est qu'en 1926 que l'auteur a entrepris des recherches dans le domaine des ondes plus courtes dont l'étude n'avait pas encore été abordée.

L'auteur ne croit plus à la spécificité de la longueur d'onde; il a souvent observé qu'une affection qui n'était pas améliorée par une certaine longueur d'onde réagissait plus favorablement vis-à-vis d'une autre longueur d'onde, qu'elle soit plus longue ou plus courte.

Le Docteur SCHLIEPHAKE termine son article en disant qu'il espère que les progrès du traitement par les ondes courtes, ne seront point retardés par des théories trop exclusives : *« Nous devons accepter des théories nouvelles et ne point avoir peur de revenir sur ce que nous avons dit »*.

Les publications de l'Ecole Française ne sont très probablement pas étrangères à ce renversement loyal qui ne peut qu'honorer son auteur : M. le Professeur SCHLIEPHAKE.

#### **D. — RAPPEL HISTORIQUE SUR LES ONDES COURTES APPLIQUEES A LA MEDECINE (LES PREMIERES EXPERIENCES DE D'ARSONVAL ONT ETE FAITES AVEC DES ONDES COURTES).**

Pour nous qui nous sommes attachés à retracer l'histoire de la « d'Arsonvalisation », un simple regard en arrière nous montrera que s'il n'y a aucune raison théorique, il n'y a aussi aucune raison historique de séparer les Ondes courtes des Ondes moyennes et longues, c'est toujours de la « d'Arsonvalisation », comme c'est toujours de la musique quand on monte une gamme sur un piano en allant de la note la plus grave à la note la plus élevée.

En effet, nous avons vu le physiologiste du Collège de France poser dès ses premières recherches, les fondements théoriques de l'emploi des ondes électriques, de toutes les ondes, non seu-

lement des ondes amorties, mais aussi des ondes continues, non seulement des ondes longues, mais aussi des ondes courtes, par lui toute la gamme des ondes électro-magnétiques a été explorée.

Nous l'avons vu en 1890 remplacer son alternateur sinusoïdal qui ne lui donnait que 10.000 périodes, par l'oscillateur de Hertz pour atteindre des fréquences de l'ordre de mille millions de vibrations par seconde.

C'est avec « ce dispositif primitif » qu'il étudie les Ondes courtes dont la longueur variait de 10 mètres à 30 centimètres, et dont l'intensité était encore très faible. Dès 1890, le fait fondamental est démontré : « LES NERFS SENSIBLES ET LES MUSCLES MOTEURS SONT INSENSIBLES A DES EXCITATIONS OU A DES ONDULATIONS ÉLECTRIQUES QUI ATTEIGNENT 20 A 30 MILLIONS PAR SECONDE », toute la haute fréquence est là, quelle que soit la longueur d'onde employée : longues ou ultra-courtes.

Un peu plus tard, nous avons vu D'ARSONVAL adopter et modifier le montage Tesla, montrant que la loi d'inexcitabilité s'appliquait toujours pour les courants de très haute fréquence, et réalisant du même coup le premier appareil de diathermie apte à fournir une longueur d'onde de 400 à 500 mètres.

Les courants de D'ARSONVAL commencent donc au-dessous de la fréquence de 10.000 (longueur d'onde 30 km.), fréquence qui permet l'introduction d'un courant de forte intensité sans effet excitateur sur le nerf ou le muscle; les courants de D'ARSONVAL finissent au-dessous de la longueur d'onde de 1 mètre, aux fréquences du résonateur de HERTZ avec lequel D'ARSONVAL avait fait ses premières expériences de décembre 1890.

*« La vérité historique demande que la priorité des ondes courtes soit accordée à D'ARSONVAL qui, le premier, a décrit l'électrisation à distance »,* écrivait le Professeur JELLINEK, de Vienne, en 1933.

Un peu plus tard, en 1935 (mars), in « Archives of Physical Therapy », le Professeur Disraëli KOBAK, de Chicago, dira que « c'est au génie de l'électrophysiologiste français. M. D'ARSONVAL, que l'on doit l'introduction des ondes courtes en médecine; nous lui devons une éternelle gratitude pour les im-

menses bénéfiques que nous avons retirés de l'emploi des courants de haute fréquence et des ondes courtes ».



FIG. 20

Le traitement d'une pyorrhée alvéolaire en bipolaire, effectué avec une très grande facilité.

Polythermax 1938 C. G. R.

Les effets thérapeutiques, biologiques, décrits par d'ARSONVAL, action thermique, circulatoire, analgésique, propriété bac-

téricide, ont été retrouvés avec les Ondes courtes émises par la lampe triode.

De même que pour les ondes longues et moyennes, nous pourrions retrouver aussi dans l'histoire pourtant si récente des Ondes courtes, deux phases : dans la première (GOSSET, LANKHOWSKY et leurs collaborateurs, STEIBOCK, SAIDMAN, CAHEN, etc...) s'attachent surtout à la recherche quasi spécifique de la très haute fréquence : pouvoir anti-cancéreux, effets analgésiques ; dans la seconde période, vers 1928, on a cherché surtout à utiliser les effets calorifiques de la très haute fréquence (WITNEY, CARPENTER, BLAEKADER).

Cette évolution est analogue à celle des Ondes plus longues où nous avons du d'abord utiliser les diverses propriétés de la « d'Arsonvalisation » avant de s'attacher surtout aux modalités du chauffage diathermique.

« LA FIÈVRE ARTIFICIELLE », EXPRESSION NOUVELLE DE LA TRÈS HAUTE FRÉQUENCE, DOIT SE RÉCLAMER DES EFFETS CALORIFIQUES MIS EN ÉVIDENCE PAR D'ARSONVAL. Et à ce propos nous sommes heureux d'enregistrer l'hommage rendu récemment en Amérique à l'œuvre de D'ARSONVAL lors du « Premier Congrès International de Pyrétothérapie » (New-York, mars 1937).

Le nom de l'illustre Français fut, à ce congrès, maintes fois acclamé et la lecture de son message où il rappelait que cinquante ans auparavant il avait été le promoteur des agents physiques en thérapeutique <sup>(1)</sup>, fut accueillie avec enthousiasme par toute une assemblée debout.

Ajoutons — tout à l'honneur de nos amis — que dès avant la célébration en France du « Jubilé d'Arsonval » (juin 1933), les savants américains, sous l'impulsion de l'éminent Profes-

(1) En 1881, D'ARSONVAL écrivait : « Je suis persuadé que la thérapeutique de l'avenir emploiera comme moyens curatifs, les modificateurs physiques, chaleur, lumière, électricité et agents encore inconnus (les rayons X et le radium n'étaient pas encore découverts). Le moyen barbare qui, sous prétexte de nous guérir, consiste à nous empoisonner avec des drogues les plus vénéneuses de la chimie, devra céder la place à des agents physiques dont l'emploi a au moins l'avantage de n'introduire aucun corps étranger dans l'organisme. »

seur DISRAËLI-KOBAC et sous les auspices de la « Société Américaine de Thérapeutique par les Agents Physiques », avaient tenu à apporter officiellement au « Père de la Physiothérapie moderne » le tribut de leur admiration.

Voir séance et numéro spécial : *Archives de la Société Américaine de T. A. P.*, déc. 1932.

Ces « Nouvelles Ondes » sont donc pour nous de vieilles connaissances; dès le début de ses recherches, le maître de l'électrophysiologie — qui semble bien avoir vu dans un trait de génie toute la portée médicale de la haute fréquence — avait minutieusement exploré toute la gamme des Ondes Hertiennes, y compris les « Ondes Courtes ».

C'EST RENDRE JUSTICE A L'HISTOIRE QUE DE DÉSIGNER PAR LE TERME DE « D'ARSONVALISATION » TOUTES LES APPLICATIONS THÉRAPEUTIQUES DES ONDES ÉLECTRIQUES, QUEL QUE SOIT LE RANG ÉLECTRIQUE QU'ELLES OCCUPENT DANS LA VASTE GAMME ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE.

## E. — MARCONITHERAPIE !

Nous comprenons mal, après ce que nous venons de dire, comment les auteurs italiens, le Professeur MARAGLIANO, de Gênes, in « Nuntus Radiologicus » de septembre-octobre 1935, et le Professeur CIGNOLINI, de Bologne, ont estimé que le nom de l'illustre MARCONI devait être donné à ces ondes et que leur application devait porter le nom de « Marconisation » ou de « Marconithérapie », terme employé encore tout récemment par le Professeur SORRENTINO, « Journal Urologie », (décembre 1937).

C'est se conformer à l'usage courant que de désigner du nom de leur auteur les diverses modalités électriques appliquées à la thérapeutique.

Après FRANKLIN, VOLTA, GALVANI et FARADAY, nous avons eu en France d'ARSONVAL et la « d'Arsonvalisation » a fait suite à la Franklinisation, la Voltaïsation, la Galvanisation et la Faradisation.

Certes nous admirons l'œuvre de MARCONI, physicien éminent, tout à la gloire de l'Italie, mais à l'inverse du Professeur D'ARSONVAL, initiateur de toute la physiologie et de toute la thérapeutique par les Ondes électriques, MARCONI n'a jamais exercé son activité dans le domaine médical. Sans doute, à la suite de BRANLY, l'illustre savant italien a-t-il donné une impulsion admirable aux Ondes Courtes dans l'industrie, mais nous ne voyons pour cela aucune raison d'attacher son nom à une branche de la thérapeutique qui lui est complètement étrangère.

MARCONI ne s'est jamais signalé par des travaux personnels de physiologie, ni même de thérapeutique par les Ondes électromagnétiques courtes ou longues.

C'EST SANS CONTESTE AU GÉNIE DU PHYSIOLOGISTE FRANÇAIS D'ARSONVAL QUE L'ON DOIT L'INTRODUCTION DES ONDES COURTES EN MÉDECINE; CES ONDES COURTES, COMME TOUTES LES ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES, FONT PARTIE INTÉGRANTE DE LA « D'ARSONVALISATION ». Nous sommes heureux de constater que depuis ces derniers temps, à la suite de la campagne menée en France par le Docteur CHAUVOIS — *Journal d'Urologie* : janvier et juillet 1938 — nos amis d'outre-mont ne semblent pas devoir persister dans la voie où ils s'étaient seuls engagés.

Nous voyons, en effet, aujourd'hui, le Professeur SORRENTINO, de Naples, in *Journal d'Urologie*, mai 1938 : « Réponse au Docteur CHAUVOIS au sujet du terme « Marconithérapie », proposer pour désigner la thérapie à Ondes courtes, le nom de « d'Arsonvalisation-Marconienne », précision qui pour nous dissipe maintenant tout malentendu.

Nous sommes en effet d'accord avec le Professeur SORRENTINO lorsqu'il reconnaît ainsi dans les ondes courtes une forme de thérapie à haute fréquence faisant partie de la « d'Arsonvalisation ».

Nous ferons cependant remarquer que dans les nombreuses publications des auteurs étrangers, même dans les tout récents travaux allemands, où nous pensions pourtant le trouver mentionné, le terme de « Marconithérapie » n'a jusqu'à ce jour pas encore trouvé droit de cité — si ce n'est en Italie — pour désigner la thérapie à ondes courtes.

## CONCLUSIONS

Depuis son introduction en médecine, la haute fréquence occupe chaque jour une place plus importante dans l'arsenal thérapeutique.

La médecine, la chirurgie et toutes les spécialités médicales font appel à ses précieux effets. La « d'Arsonvalisation » à ondes courtes ou longues, guérit, soulage chaque jour nombre d'états morbides, le bistouri électrique coupe sans faire saigner, l'étincelle détruit les petites tumeurs superficielles, et les ondes amorties de forte intensité augmentent la sécurité dans l'intervention du cancer.

Nous avons voulu préciser dans notre travail toute l'importance des découvertes du Professeur A. D'ARSONVAL dans l'origine et l'évolution de cette science.

Dans une première partie, après avoir rappelé les diverses étapes de la découverte de l'inexcitabilité neuro-musculaire pour les courants de haute fréquence, nous avons tenu à souligner ici, la priorité incontestable du physiologiste français D'ARSONVAL découvrant, en décembre 1890, cette loi d'inexcitabilité, base de toutes les applications thérapeutiques de la haute fréquence. Nous avons démontré en effet comment seul le physiologiste du Collège de France avait prévu, démontré et défini la loi d'inexcitabilité qui à juste titre doit porter le nom de « loi D'ARSONVAL ».

Dans une deuxième partie de notre travail nous avons montré comment pour ces nouveaux courants qu'il a le premier introduits en médecine, D'ARSONVAL avait créé toute l'instrumentation, en avait formulé l'électrophysiologie en nous donnant les bases les plus solides de leur application à la médecine.

Enfin nous avons cru devoir rappeler que l'éminent physiologiste qui, dès le début de ses recherches avait prévu toute la portée des ondes électromagnétiques, avait su aussi minutieusement en explorer toute la gamme y compris les « Ondes Courtes » que certains auraient tendance à regarder aujourd'hui comme une nouveauté.

Les Ondes courtes, « filles légitimes » du Professeur d'ARSONVAL, que l'Ecole Allemande a voulu séparer de la haute fréquence pour les rattacher aux radiations, ne sont qu'une des modalités de la « d'Arsonvalisation » dont elles permettent d'étendre le champ déjà si vaste.

Nous ne saurions trop rendre hommage à ce grand savant qui, tout en illustrant la Science française, a su nous donner des armes puissantes pour guérir ceux qui souffrent.

*Vu :*

LE DOYEN,  
TIFFENEAU.

*Vu :*

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,  
LAINEL-LAVASTINE.

*Vu et permis d'imprimer :*

LE RECTEUR DE L'ACADÉMIE DE PARIS,  
ROUSSY.

## BIBLIOGRAPHIE

- D'ARSONVAL. — Procédé pour avoir des excitations toujours comparables. *C. R. Acad. des Sciences*, 27 juin 1887.
- Nouvel appareil pour exciter les nerfs et les muscles. *Société de Biologie*, 1<sup>er</sup> avril 1882.
  - L'Onde électrique « caractéristique d'excitation ». *Société de Biologie*, 1<sup>er</sup> avril 1882. *Société Française de Physique*, mai 1888. *C. R. Acad. des Sciences*, mars 1891.
  - Danger des générateurs mécaniques d'électricité. *Soc. de Biol.*, 27 décembre 1884.
  - La mort par l'électricité dans l'industrie. *Soc. de Biol.* janvier 1885. *C. R. Acad. des Sciences*, 4 avril 1887.
  - Action physiologique des courants alternatifs. *Soc. de Biologie*, séance du 2 mai 1891.
  - Sur les effets physiologiques comparés des divers procédés d'électrisation. Les grandes fréquences et les hauts potentiels. *Bull. de l'Académie de Médecine*, mai 1882.
  - Sur les effets physiologiques de l'état variable en général et des courants alternatifs en particulier. *Bull. Soc. Inter. des Electriciens*, 1892, p. 146.
  - Production des courants de haute fréquence et de grande intensité — leurs effets physiologiques. *Soc. de Biol.*, séance du 4 février 1894.
  - Action physiologique des courants alternatifs à grande fréquence, mode de production et technique de leur emploi. *Bull. Off. de la Soc. Franç. d'électric.*, mai 1893.
  - L'action physiologique des courants alternatifs à grande fréquence. *Arch. d'électric. Méd.*, 1893, p. 133.
  - Action des courants alternatifs à grande fréquence. *Archives de Physiologie*, 1893.
  - L'auto-conduction ou nouvelle méthode d'électrisation des êtres vivants. *Acad. des Scienc.*, séance du 8 juillet 1893. *Lumière électrique*, 22 juillet 1893.
  - Exposé des Titres et Travaux scientifiques, 1894.
  - Action thérapeutique des courants à haute fréquence. *Soc. Franç. d'électrothérapie*, juill.-août 1896.

- Action physiologique des courants à haute fréquence et leurs effets thérapeutiques. *Acad. des Scienc.* Séance du 29 juin 1896.
- Action physiologique des courants de haute fréquence; moyen pratique pour les produire d'une façon continue. *Acad. des Sciences*, séance du 6 juillet 1896.
- Action thérapeutique des courants à haute fréquence. *Arch. d'électric. Méd.*, 1896, p. 261.
- Action des courants à haute fréquence sur la nutrition générale. *Soc. de Biol.*, séance du 4 juillet 1896.
- A propos de l'atténuation des toxines par la haute fréquence. *Soc. de Biol.*, séance du 11 juillet 1896.
- Action thérapeutique des courants à haute fréquence. *Soc. de Biol.*, 11 juillet 1896.
- Action des courants à haute fréquence sur les maladies. *Soc. de Biol.*, séance du 11 juillet 1896.
- Effets thérapeutiques des courants à haute fréquence. *Acad. des Sciences*, 6 juillet 1896.
- Action physiologique et thérapeutique des courants à haute fréquence. *Bull. Soc. des électriciens*, 17 avril 1897, t. XIV, p. 236. *Société Intern. de Physique*, mai 1897. *Arch. d'Electric. Méd.* 1897, p. 165 et 213.
- Action physiologique et thérapeutique des courants de haute fréquence. *Ann. d'Electrobiologie*, 1898, p. 1.
- Remarque au sujet de la communication de MM. Bordier et Lecomte. Action des courants de haute fréquence (application directe) sur les animaux. *Acad. des Scienc.*, 30 décembre 1901.
- L'échauffement des tissus par les courants de haute fréquence. *C. R. A. des Sciences*, 1<sup>er</sup> août 1927, 17 oct. 1927.
- D'ARSONVAL et CHARRIN. — Action des courants induits de haute fréquence sur le bacille pyocyanique. *Soc. de Biol.*, 6 mai 1893.
- Action des diverses modalités électriques sur les toxines bactériennes. *Soc. de Biol.*, 31 janvier 1896.
- Transformation des toxines en vaccins sous l'influence de l'électricité. Action des courants de haute fréquence. *Soc. de Biol.*, 1<sup>er</sup> et 7 février 1896.
- Action des diverses modalités électriques sur les toxines bactériennes. *Soc. de Biologie*, 15 juin 1896.
- Les courants de haute fréquence et leurs effets sur l'organisme. *Société de Biologie*, 4 juillet 1896.
- Action des courants de H. F. sur l'économie animale. *Soc. de Biologie*, 4 juillet 1896.
- Action des courants de H. F. sur les produits sécrétés par les cellules bactériennes. *Arch. de physiologie*, 1896, p. 317.

- Action des courants de H. F. sur les toxines bactériennes. *Arch. d'électric. Méd.*, 1896, p. 201.
- BORDIER. — *Néodiathermie à ondes courtes*, 1936.
- *Diathermie et diathermothérapie*, 1937.
- CHAUVOIS. — D'Arsonval, Soixante-cinq ans à travers la science. Edition J. Oliver, 1937. Paris.
- A propos de la Marconithérapie. *Journ. d'Urologie*, janvier 1938 et juillet 1938.
- Une mise au point. *Siècle Médical*, n° 259.
- CIGNOLINI. — *Traité sur les Ondes courtes : Marconithérapie*.
- DÉNOYÉS. — Les courants de haute fréquence : propriétés physiques, physiologiques, thérapeutiques. *Thèse*, Montpellier, 1902.
- DELHERM. — Les applications de la haute fréquence sans exception ne sont que des formes de la « d'Arsonvalisation ». *Journ. de Radiologie et d'Electrologie*, août 1936.
- DELHERM et FISCHGOLD. — Définition des Ondes courtes. *Journ. de Radiologie et d'Electrologie*, nov. 1934.
- Considérations sur la valeur et la nature des Ondes courtes et ultra-courtes. *Bull. Off. Soc. Electr. et Radiol.*, décembre 1934.
- MARQUÉS. — Des applications thérapeutiques des Courants ondulatoires en Gynécologie. *Thèse Paris*, 1898.
- NEMOURS Auguste. — Thérapeutique par les Ondes Courtes. *Siècle Méd.*, 15 nov. 1936.
- SCHLIEPHAKE. — La Thérapie par les Ondes Courtes. Rapport au Congrès de Zurich, 1934.
- SORRENTINO. — Au sujet du terme « Marconithérapie ». *Journal d'Urologie*, décembre 1937 et mai 1938.
- TESLA N. — Phénomènes avec les courants alternatifs de la haute fréquence. *Electrical World*, 21 févr. 1891, 21 mai 1891, 11 avril 1891.
- Massage par les courants alternatifs de très haute fréquence. *Lumière Electrique*, 16 janvier 1882.
- THOMSON E. — Phénomènes avec les courants alternatifs de très haute fréquence. *Electrical World*, 14 mars 1891 et 4 avril 1891.



## TABLE DES MATIERES

|                    |   |
|--------------------|---|
| Avant-propos ..... | 1 |
|--------------------|---|

### PREMIERE PARTIE

|                                         |   |
|-----------------------------------------|---|
| LA DÉCOUVERTE DE LA LOI D'ARSONVAL..... | 3 |
|-----------------------------------------|---|

#### CHAPITRE PREMIER

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Article I. — Quelques étapes de l'Electrothérapie jusqu'en 1881 (avant d'Arsonval).....                                        | 4  |
| Article II. — L'expérimentation physiologique et le problème de l'excitation neuro-musculaire à la fin du siècle dernier ..... | 6  |
| Article III. — L'influence de Claude Bernard en physiologie expérimentale .....                                                | 8  |
| Article IV. — D'Arsonval animateur de l'Electro-physiologie au Congrès de Paris en 1881.....                                   | 10 |

#### CHAPITRE II

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Article I. — Un nouveau mode d'excitation des nerfs et des muscles (d'Arsonval 1881)..... | 12 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|

#### CHAPITRE III

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Article I. — L'unification de l'excitant électrique. L'onde électrique « caractéristique d'excitation »..... | 15 |
| Article II. — La synthèse d'une onde électrique.....                                                         | 18 |
| Article III. — Les ondes données par les appareils électromagnétiques usuels .....                           | 21 |

#### CHAPITRE IV

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Article I. — L'étude de l'onde sinusoïdale de basse fréquence. Les courants sinusoïdaux en thérapeutique.....              | 23 |
| Article II. — Effets des divers modes d'électrisation.....                                                                 | 28 |
| Article III. — Le mécanisme de la mort par l'électricité. Les accidents d'électrocution et la « méthode d'Arsonval » ..... | 28 |

## CHAPITRE V

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Article I.</i> — A la recherche de la haute fréquence.....                                                 | 32 |
| A. La Bobine de Ruhmkorff. (L'inexcitabilité entrevue par d'Arsonval), 1888.....                              | 32 |
| B. L'Alternateur à chevilles de d'Arsonval (1889). (L'excitabilité diminue nettement avec la fréquence) ..... | 34 |
| <i>Article II.</i> — Dangers des générateurs électriques (influence de « la fréquence »).....                 | 37 |

## CHAPITRE VI

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Article I.</i> — La haute fréquence réalisée par Hertz (identité des phénomènes lumineux et électriques).....  | 39 |
| <i>Article II.</i> — La haute fréquence de Hertz appliquée à la physiologie par d'Arsonval (1890).....            | 43 |
| (L'inexcitabilité neuro-musculaire démontrée par d'Arsonval. La loi d'Arsonval.)                                  |    |
| <i>Article III.</i> — L'erreur de Dubois-Reymond.....                                                             | 49 |
| <i>Article IV.</i> — Les observations de Ward et Spotiswode.....                                                  | 50 |
| <i>Article V.</i> — Morton et la Haute-Fréquence.....                                                             | 51 |
| <i>Article VI.</i> — Des expériences du Collège de France (1889-1890) aux premiers travaux américains (1891)..... | 52 |

## CHAPITRE VII

|                                                                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Article I.</i> — La haute fréquence industrielle : N. Tesla. Ses constatations physiologiques (1891).....                                                                                             | 56 |
| <i>Article II.</i> — E. Thomson conteste à Tesla la priorité de ses découvertes physiologiques .....                                                                                                     | 59 |
| <i>Article III.</i> — N. Tesla innovateur en électro-physiologie ! fondateur de la d'Arsonvalisation !.....                                                                                              | 61 |
| <i>Article IV.</i> — Une erreur de date !.....                                                                                                                                                           | 63 |
| <i>Article V.</i> — Priorité incontestable du physiologiste français d'Arsonval découvrant en décembre 1890 la loi de l'inexcitabilité neuro-musculaire aux hautes fréquences ou « loi d'Arsonval »..... | 64 |

## CHAPITRE VIII

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Article I.</i> — Le mérite des expériences de Tesla.....                     | 69 |
| <i>Article II.</i> — L'appareil de sécurité haute fréquence de d'Arsonval ..... | 70 |

## DEUXIEME PARTIE

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| L'EDIFICATION DE LA HAUTE FRÉQUENCE MÉDICALE..... | 75 |
|---------------------------------------------------|----|

### CHAPITRE PREMIER

|                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Article I.</i> — Réalisations instrumentales et méthodes d'applications .....                                                                                    | 76 |
| A. Application directe ou par dérivation.....                                                                                                                       | 76 |
| B. Autoconduction (solénoïde d'Arsonval).....                                                                                                                       | 78 |
| C. Condensation (le lit condensateur d'Arsonval).....                                                                                                               | 80 |
| <i>Article II.</i> — Les découvertes de Oudin : Résonateur Oudin.<br>La Bobine bipolaire d'Arsonval. Applications locales :<br>effluves, aigrettes, étincelles..... | 82 |
| <i>Article III.</i> — Les premiers appareils de mesure et graduation<br>en haute fréquence.....                                                                     | 86 |
| <i>Article IV.</i> — Les effets physiologiques des courants de haute<br>fréquence .....                                                                             | 88 |
| A. Nerfs et muscles (sensibilité générale).....                                                                                                                     | 88 |
| B. Système nerveux vaso-moteur.....                                                                                                                                 | 90 |
| C. Respiration .....                                                                                                                                                | 90 |
| D. Chaleur .....                                                                                                                                                    | 91 |
| E. Applications locales : Anesthésie.....                                                                                                                           | 92 |
| F. La haute fréquence et les êtres monocellulaires....                                                                                                              | 92 |
| Bacille pyocyanique.....                                                                                                                                            | 93 |
| Toxine diphtérique.....                                                                                                                                             | 93 |
| Venin de cobra.....                                                                                                                                                 | 95 |
| <i>Article V.</i> — Présentation des expériences à l'Académie de<br>Médecine (1893) .....                                                                           | 95 |

### CHAPITRE II

|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Article I.</i> — La Clinique : Premières tentatives thérapeutiques<br>à l'Hôtel-Dieu en 1913. Les observations initiales..... | 97 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

### CHAPITRE III

|                                                                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Article I.</i> — La Diathermie.....                                                                                                                                               | 104 |
| <i>Article II.</i> — La « d'Arsonvalisation » : toutes les applications<br>de la haute fréquence en médecine reçoivent le nom<br>de « d'Arsonvalisation » (Congrès Berlin 1913)..... | 106 |
| <i>Article III.</i> — L'Electro-chirurgie.....                                                                                                                                       | 108 |

### CHAPITRE IV

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Article I.</i> — Les ondes courtes entrent dans le cadre de la<br>d'Arsonvalisation ..... | 110 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| A. Découverte du principe de la T.S.F. (Branly 1891).<br>La lampe triode (1907).....                                                                            | 110 |
| B. Les ondes courtes en médecine (1923).....                                                                                                                    | 110 |
| C. Le Congrès de Zurich (1934).....                                                                                                                             | 112 |
| D. Rappel historique sur les ondes courtes appliquées<br>à la médecine (les premières expériences de d'Ar-<br>sonval ont été faites avec des ondes courtes).... | 117 |
| E. Marconithérapie ! .....                                                                                                                                      | 121 |
| CONCLUSIONS .....                                                                                                                                               | 123 |
| BIBLIOGRAPHIE .....                                                                                                                                             | 125 |